



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Karl Hendrik Kolina

**ELEKTRIAUTODE MÕJU EESTI ELEKTRIENERGIA
TARBIMISELE**
IMPACT OF ELECTRIC CARS ON ESTONIA'S ELECTRICAL
ENERGY CONSUMPTION

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: professor Andres Annuk, *PhD*

Tartu 2018

LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Karl Hendrik Kolina		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Elektriautode mõju Eesti elektrienergia tarbimisele			
Lehekülgi: 44	Jooniseid: 18	Tabeleid: 5	Lisasid: 0
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkonna ja CERCS-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika, 4.17. Energeetikaalased uuringud; T140 Energeetika.			
Juhendaja : professor Andres Annuk, PhD			
Kaitsmiskoht ja –aasta: Eesti Maaülikool, 2018			
<p>Järjest enam lisandub kasutusse seadmeid ja süsteeme, mis vajavad töötamiseks elektrienergiat, sisepõlemismootoritega autode alternatiiviks valitakse elektriautosid, mille elektritarve on aga küllalt suur. Sellest tulenevalt on käesoleva bakalaureusetöö eesmärk anda ülevaade elektriautode hetkeolukorrast ja analüüsida elektriautodega seotud algandmed, et jõuda elektrienergia tarbimist prognoosiva arvutuseeni. Tuginedes arvutustele, analüüsitakse elektrienergia tarbimise suurenemist Eesti elektrienergia hetkeolukorraga. Töös käsitletakse elektri autode arengut, uuritakse Eestis olevaid laadimisvõimalusi, hetkel kiirlaadijate poolt tarbitud elektrienergia statistikat ja antakse ülevaade hetkel levinud elektriautodest. Leitakse autode poolt läbitav aastane läbisõit, elektriauto keskmine elektritarve ja laadija efektiivsus. 2017. aastal kasutati kiirlaadijaid 132 000 korral ja tarbiti 1462 MWh elektrienergiat. Arvutuste tulemusena leidis autor, et ühe elektriauto poolt tarbitav aastane elektrienergia kogus on 2693 kWh. Sellest tulenevalt leiti Eestis registreeritud 1190 elektriauto aastaseks elektrienergia tarbimiseks 3205 MWh. Elektriautode 7 – 22% osakaalul korral kõigist liiklusregistris olevatest autodest, tõuseks elektrienergia tarbimine 146 – 459 GWh võrra. Eesti elektrienergia bilanss oli 2017. aasta seisuga 2,7 TWh ülejäägis. Töö käigus leidis autor, et elektriautode laialdasema leviku korral, ei põhjustaks see Eesti elektrienergia puudujääki.</p>			
Märksõnad: taastuvenergia, prognoos, efektiivsus, kiirlaadimine,			

ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Karl Hendrik Kolina		Curriculum: Engineering	
Title: Impact of Electric Cars on Estonia's Electrical Energy Consumption			
Pages: 44	Figures: 18	Tables: 5	Appendixes: 0
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering			
Field of Research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering; 4.17. Energetic Research; T140 Energy research			
Supervisor: Andres Annuk, PhD			
Place and date: Estonian University of Life Sciences, 2018			
<p>The use of equipments and systems that require electricity in order to work is constantly increasing. Cars with internal combustion engines are replaced by electric cars, which consume a lot of electricity. The aim of the thesis is to provide an overview of the current situation of electric cars and to analyse the data relating to electric cars, with the aim of achieving a projected calculation of consumption. The thesis addresses the development of electric cars, explores the charging options in Estonia, analyses the statistics of currently consumed electricity by fast-chargers and provides an overview of the most common electric cars of today. The annual mileage of the cars, the average electricity supply and the efficiency of chargers are also found. In 2017, the fast-chargers were used 132 000 times altogether and 1462 MWh of electricity was consumed. As a result of the calculations, the author considered that the annual amount of electricity consumed by one electric car is 2693 kWh. In Estonia, the number of 1190 electric cars consume a total electricity of 3205 MWh per year. A proportion of 7%–22% electric cars out of all cars would consume between 146 and 459 GWh of electricity. Electricity balance in Estonia was positive by 2,7 TWh in 2017. In the course of work, the author found that in the event of a wider spread of electric cars, it would not lead to an electricity deficit in Estonia.</p>			
Keywords: Renewable energy, projected calculation, effectiveness, fast-charging			

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	2
ABSTRACT	3
SISSEJUHATUS	5
1. ELEKTRIAUTODE AJALUGU	6
1.1 Areng maailmas	6
1.2 Elektriautode tänapäev	8
1.3 Elektriautode levik Eestis	11
2. ELEKTRIAUTODE HETKEOLUKORD EESTIS	13
2.1 Laadimisvõimalused	13
2.1.1 Kiirlaadijate asukohad	13
2.1.2 Kiirlaadijad	14
2.1.3 Aeglased laadijad	16
2.2 Eestis olevad elektriautod	17
2.3 Elektriautode poolt tarbitud elektrienergia	19
3. ELEKTRIAUTODE ARVUTUSLIK ANALÜÜS	23
3.1 Elektriauto algandmed	23
3.2 Keskmiselt läbitav kilometraaz	25
3.3 Laadimise efektiivsus	26
3.4 Elektriauto elektrienergia arvutuslik tarbimine Eestis	28
4. ELEKTRIAUTODE PROGNOOSITAV MÕJU EESTI ELEKTRITARBIKUSELE	30
4.1 Eesti elektrienergia hetkeseis	30
4.2 Elektritarbimine elektriautode arvu suurenemisel	31
4.3 Elektriautode võimalik mõju Eesti elektrienergia olukorrale	33
KOKKUVÕTE	35
KASUTATUD KIRJANDUS	37
IMPACT OF ELECTRIC CARS ON ESTONIA'S ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION .	41
Summary	41
LISAD	43
Lihtlitsents	44

SISSEJUHATUS

Ajaga tuleb pidevalt juurde uusi tehnikaseadmeid, mis kõik vajavad töötamiseks elektrienergiat. Elektrienergiast sõltuvad meie nutitelefonid, arvutid, külmkapid kui ka saunad, ukSED, liftid, tööstused ja infosüsteemid [1]. Valdkondi, mille tegevus sõltub elektri olemasolust on mõõtnatult palju. Iga tarbija mõjutab meie elektrivõrku kas vähemal või suuremal määral, mistõttu on oluline hoida elektritarbimisel silma peal.

Varasemalt on levinud üldine arusaam, et sisepõlemismootor on ainuõige liikumapanev jõud transpordis, kuid tänapäeval on hakanud sisepõlemismootoreid asendama elektrimootorid, mis aitavad parandada ülelinnastumise poolt tekitatud õhusaastet [2]. Ent elektriautode liikuma panemiseks on vaja kulutada elektrienergiat, mida tuleb jagada kõikide seadmete vahel. Seetõttu on oluline pöörata tähelepanu elektriautode elektrienergia tarbimisele, et elektriautode laialdasem levik tulevikus ei põhjustaks elektrienergia puudujääke.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on anda ülevaade ja analüüsida elektriautode hetkeolukorda Eestis ning koostada arvutuslik prognoos elektriautode poolt tarbitava elektrienergia leidmiseks. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati järgmised ülesanded: selgitada välja Eestis enam levinud elektriauto ja selle poolt tarbitav elektrienergia, leida elektriauto laadija efektiivsus, analüüsida Eestis olevate autode läbisõitu ja koostada arvutuskäik elektriautode keskmise elektrienergia tarbimise leidmiseks.

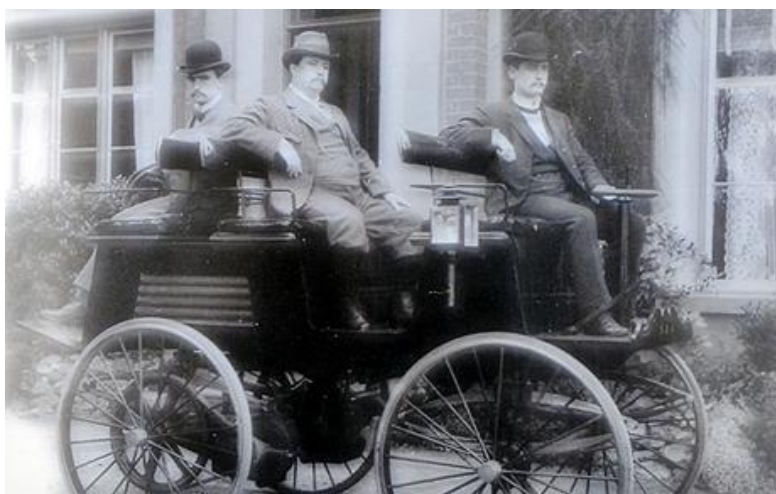
Töö esimeses pooles on toodud ülevaade elektriautode ajaloost ja nende levikust. Antud on ülevaade elektriautode hetkeolukorrast Eestis ja tutvustatud varasemalt Eestis teostatud mõõtmiste tulemusi. Töö teises pooles on välja toodud praegusel hetkel populaarseima elektriauto parameetrid ja elektrikulu, kasutades Maanteeameti statistikat leitud keskmine sõiduautode aastane läbisõit ning analüüsitud varasemat uurimust elektriauto laadija efektiivsusest. Saadud andmete põhjal on koostatud elektriautode elektrienergia tarbimise prognoositavad arvutused. Välja on toodud Eesti elektrienergia tootmise hetkeolukord ja sellest tulenevalt valmidus elektriautode levikust tingitud tarbimise suurenemisele.

1. ELEKTRIAUTODE AJALUGU

1.1 Areng maailmas

Elektriautode areng sai alguse 19. sajandi algusaastatel. Esimeseks versta-postiks loetakse aastat 1828, kui Ungari leiutaja Ányos Jedlik, kes oli varasemalt leiutanud elektrimootori, ehitas sama mootorit kasutades mudelauto. Esimene suuremõõtmeline elektriauto ehitati aastal 1841 keemiku Robert Davidsoni poolt. See oli varustatud galvaanielemendiga, ehk mittelaetava parteriga, suutis vedada 6000 kg kiirusel 6,44 km/h umbes 2,41 km ning kaalus 7000 kg. Kuigi elektriauto oli oma ökonoomsusest kaugel maas, hävitati see raudteetöölise poolt, kes nägid selles võimalikku ohtu oma elukutsele. Patareis kasutatav tsink oli umbes 40 korda kallim võrreldes vedurites kasutatava kivisöega. [3]

Suure läbimurde elektriautode arengule andis Prantsuse füüsik Gaston Planté, kes leiutas 1859. aastal pliiaku, mis võimaldas teha praktilisi elektriautosid. Antud pliiakut täiendas aastal 1881 tunduvalt Prantsuse teadlane Camille Alphonse Faure, kes suutis uue disainiga tunduvalt suurendada aku mahtuvust ning tõi sellega kaasa pliiakude tootmise tööstuslikul tasandil. Esimeseks praktilise elektriauto loojaks peetakse inglise leiutajat Thomas Parkerit, kes ehitas Londonis 1884. aastal neljarattalise elektriauto (joonis 1.1). Antud liikumisvahend oli varustatud kõrgemahtuvuslike laetavate akudega, mis olid disainitud leiutaja enda poolt. [3]



Joonis 1.1 Esimene elektriauto [4].

Esimese Ameerika Ühendriikides toodetud elektriauto ehitas William Morrison aastal 1891. See oli mõeldud transportima korraga kuute reisijat ja selle tippkiirus oli 23 km/h. Uudse lahendusega tuli 1894. aastal välja Louis Antoine Krieger, kes leiutas süsteemi, mille abil oli võimalik salvestada pidurdamise käigus tekkivat elektrienergiat ja selle abil laadida akut, mis oli mootori toiteks. Elektriautode lühikese sõiduraadiuse ja väheste laadimispunktide parendamiseks tuli firma Hartford Electric Light Company 1896 välja lahendusega, mis pakkus tühjenenud akude väljavahetamist täislaetud akude vastu. [3]

1900. aasta alguseks liikluses olevad bensiinimootoriga autod olid väga lärmakad, lõhnasid kohutavalt ja tihti ei olnud nad eriti vastupidavad. Käivitada tuli neid käsitsi, mis tõi endaga kaasa vigastusi. Bensiinimootoritega autode ökonoomsus oli sellel hetkel kohutav ja ei pooldanud keskkonnasõbralikku liikumist. [5] 1900. aastal moodustasid Ameerika Ühendriikides olevatest autodest 38 % elektriautod, seda kokku 33 842 autoga, kõige rohkem oli aurumootoritega autosid 40 %, bensiinimootoritega autod moodustasid vaid 22%. [3]

1908. aastal alustas Henry Ford bensiinimootoriga Ford Model T tootmist, mis andis tugeva tagasilöögi elektriautode turule. Model T masstootmine alandas bensiinimootoritega autode hinna piirile, kus need olid elektrimootoritega autodest kuni 3 korda odavamad. Bensiini hinnad langesid ja arenes välja parem teedevõrk, mis soosis võimet läbida pikemaid vahemaid. Elektriautode sõiduraadius jäi 50 kuni 65 km vahele, oli piiratud laadimispunktide asukohtadega ja nad jäid kiiruselt alla bensiinimootoritega autodele, arendades seejuures keskmiselt kiiruseks 32 km/h. [3]

Elektriautod jäid mõneks ajaks tahaplaanile, kuid elektriautode kasutamise idee ei kadunud. Ameerika Ühendriikide kongress tutvustas aastal 1966 ideed kaasata rohkem elektriautosid, et vähendada õhureostust. Sama ajal viidi ameeriklaste seas läbi uuring, mille tulemusena leiti, et 33 miljonit inimest on endiselt huvitatud elektriautodest. [6]

1973. aastal puhkes naftakriis, mille tulemusel tõusis nafta hind märkimisväärselt ja nõudlus ületas tootlikkuse. Kriis kasvatas Ameerika Ühendriikide huvi vähendada sõltuvust välisriikide naftast. Selle valguses panustati edaspidi rohkem elektriautode ja hübriidautode arendusele. Aastakümne lõpuks oli elektriautode võimekus endiselt piiratud 65 km sõiduraadiusega, mistõttu olid valdavalt kasutusel ainult bensiinimootoriga autod. [7]

1.2 Elektriautode tänapäev

21. sajandi alguses hakkasid kallinema kütused ja kasvas inimeste teadlikus heitgaaside poolt tekitatud õhureostusest. See andis soodsa pinna hübriidautode levikuks. Aastal 1997 tuli Jaapanis turule hübriidauto Toyota Prius, 2000 aastal hakati seda müüma üle maailma ja sellest sai esimene masstoodetav hübriidauto. [7]

Esimese generatsiooni Toyota Prius oli varustatud 1,5-liitrise bensiinimootori ja kõrge väändemomendiga elektrimootoriga. Auto oli varustatud nikkel-metallhüdriidakudega, mis olid paigutatud tagumiste istmete alla [8]. Tänu elektrimootorile saavutas Toyota Prius kaks korda väiksema CO₂ koguse heitgaasides, kui seda oli teistel selle aja bensiinimootoriga autodel, samuti langes kütusekulu kaks korda [9]. Aastaks 2003 oli Toyota müünud enam kui 123 000 Priust üle maailma. Teise generatsiooni Toyota Priust saatis veelgi suurem edu ja selle tootmist suurendati 2004 aasta lõpuks 180 000 ühikule aastas, 2006. aasta lõpuks ületasid müüginumbrid 500 000 piiri. Toyota Priuse mudeleid oli 2010. aasta septembri andmetel müüdud maailmas kokku 2 miljonit üksust, 2014. aasta septembri lõpuks oli see number juba tõusnud 3,36 miljoni peale. [8]

Joonisel 1.2 on kujutatud teise generatsiooni Toyota Prius, jooniselt on võimalik näha mootorite ja akude paiknemist autos, sisepõlemismootor ja elektrimootor asuvad koos auto esiosas ja akud on paigutatud tagumiste istmete alla.



Joonis 1.2 Teise generatsiooni hübriidauto Toyota Prius [8].

Analüüsid Toyota Priuse müüginumbreid ja selle mudeli müügiuudu maailmas, võib väita, et inimeste seas levib soov liikuda ökonoomsemate ja keskkonnasõbralike autode poole. Kuigi Toyota Prius ei ole läbinisti elektriauto, vaid hübriidmootoriga sõiduauto, võib seda siiski lugeda üheks tänapäeva teerajajaks suunal, kus oluline on sõiduautode ökonoomsus ja vähene õhusaaste.

Kui varasemate elektriautode probleemiks oli väikene sõiduraadius akude väikse mahutavuse tõttu, siis uue suuna tõi kaasa liitiumioonakude kasutuselevõtt. Liitiumioonakude rakendamiskõlblikkus elektriautodes on saavutatud alates 2005. aastast. Liitiumioonakude eeliseks on kõrge erienergia, erivõimsus ja kõige olulisem, mahutavus massiühiku kohta. Liitium-ioonelemendi alg-elektromotoorjõud on 3,7 V kuni 4,2 V ja energia-erimahutavus 100 kuni 160 Wh/kg. [10]

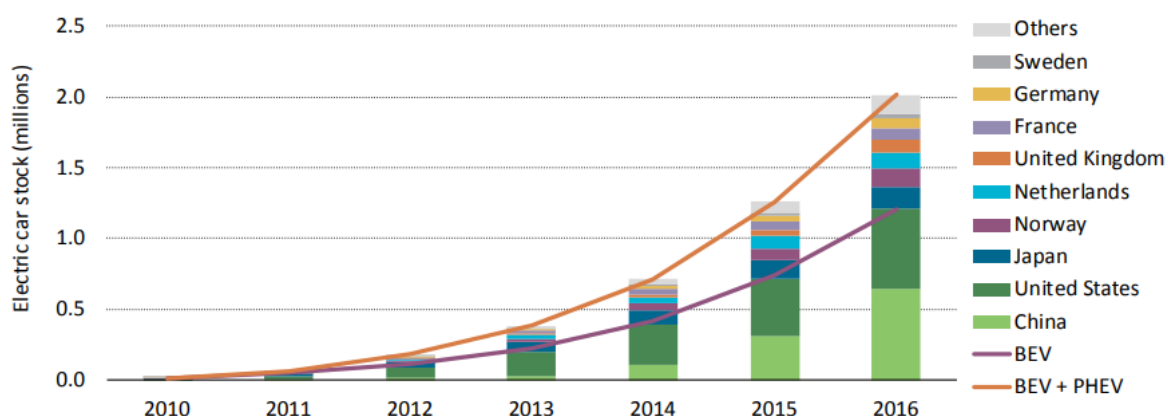
Aastal 2003 asutati Ameerikas firma Tesla Motors, mis tõi aastal 2008 turule oma esimese auto Tesla Roadster, millest sai esimene tootmises olev elektriauto, mis suudab läbida ühe laadimisega pikemaid vahemaid. Testitulemusena suutis Tesla Roadster läbida ühe laadimisega 394 km, seda tänu liitiumioonakude kasutuselevõtule. Tesla Roadsteri võimekus on sisepõlemismootoriga sportautode tasemel, suutes kiiresti kiirendada ja saavutada tippkiirusena kuni 200 km/h. Roadsteri negatiivseks küljeks jäi selle kõrge hind, mis küündis 109 000 dollarini. [11]

Kõrge hinna tõttu müüdi Tesla Roadstereid aastate vahemikus 2007 kuni 2012 ainult 2450 eksemplari. . See pani ettevõtet pingutama, et hindu madalamale tuua. Aastal 2012 tuli Tesla Motors välja uue mudeliga Model S. Esimesel aastal jäi müüginumber 3100 auto juurde. Firma alustas kiirlaadimisvõrgu rajamisega, mis võimaldas erinevates kohtades 30 minutiga täis laadida pool auto akust ja see oli autoomanikele tasuta. Järgmise 3 aasta jooksul suutis Tesla Motors tõsta tootmist 50 000 autoni aastas, ühe laadimiskorraga sai sõita kuni 482 km. Aastal 2016 kuulutas Tesla Motors välja mudeli Tesla Model 3, lubades auto hinnaks alates 35 000 dollarit ja sõiduraadiuseks 346 km. See osutus nii populaarseks, et esimese nädalaga tegid 325 000 inimest ettemaksutellimuse. [12]

Kui Toyota Prius oli hübriidautode teerajaja, siis elektriautode ikooniks võib lugeda firmat Tesla, kelle mudelid seostuvad inimestele esimesena, kui mainida sõna elektriauto. Tesla müügitulemused näitavad, et inimeste huvi elektriautode vastu on kasvav, seda kinnitab ka asjaolu, et inimesed on valmis sooritama elektriauto saamiseks aastatepikkust ettemaksu.

Aastal 2010 oli maailma liikluses umbes 25 000 elektriautot, mida oli vähem kui 1912. aastal. Aastaks 2011 oli neid enam kui 3 korda rohkem, ehk 80 000, aastal 2012 vastavalt 200 000 ning aastaks 2013 oli elektriautode arv teedel suurenenud 405 000 autoni. [3]

International Energy Agency, mille liige on ka Eesti, on toonud välja elektriautode analüüsi „*Global EV Outlook 2017 Two million and counting*“, milles analüüsitakse elektriautode hetkeseisu maailmas. Graafik (joonis 1.3) näitab elektriautode arvukust 2016. aasta seisuga. [13]



Joonis 1.3 Elektriautode arvukus maailmas [13].

Joonisel 1.3 on y-teljel kujutatud elektriautode arvukust miljonites ja x-teljel aastaarve. Tähistega BEV on tähistatud akutoitega elektriautosid ja tähistega PHEV pistikhübriidautosid. Akutoitega elektriautode arvukus on püsinud valdavas enamuses võrreldes pistikhübriidautodega. Aastaks 2016 oli liikluses juba üle 2 miljoni elektriauto. Võrreldes eelmiste aastatega võib öelda, et elektriautode arv maailmas on pidevas kasvutrendis. Kui varasematel aastatel oli suurim osakaal Ameerika Ühendriikidel, siis viimase 3 aastaga on Hiina elektriautode arv märkimisväärselt kasvanud.

1.3 Elektriautode levik Eestis

2011. aastal sõlmis Eesti valitsus Mitsubishi Corporationsiga lepingu 10 miljoni ühiku kasutamata saastekvoodi müümiseks, et saadud tulust alatada Eesti elektromobiilsuse programm (ELMO). Programmi eesmärgiks oli kiirendada elektriautode kasutusele võtmist Eestis ja aidata kaasa taastuenergia osakaalu suurenemisele transpordis. Eesti elektromobiilsuse programmi korras, võeti sotsiaalministeeriumi poolt kasutusse 507 Mitsubishi iMiev (joonis 1.4) elektriautot. Majandusministeeriumi poolt maksti Eraisikutele ja juriidilistele isikutele ostu toetust kuni 18 000 eurot. Väljamakstava toetuse suurus eraisikute puhul võis olla 50 % auto maksumusest, juriidiliste isikute korral oli see kuni 35 %. [14]



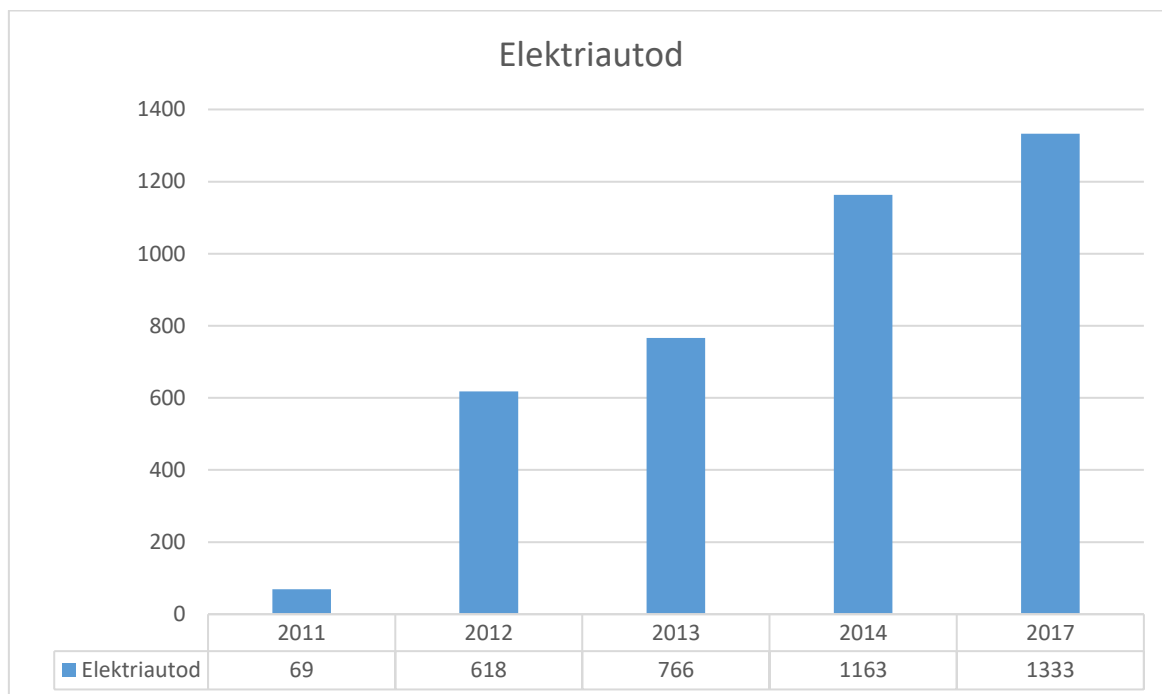
Joonis 1.4 Mitsubishi i-MiEV [15].

Programmi ELMO ostutoetuste jagamist juhtis sihtasutus KredEx. Rahaliste vahendite lõppemise tõttu lõpetas KredEx 7. augustil 2014 uute taotluste vastuvõtu. Ajavahemikus 2011 – 2014 aasta maksti kokku toetusi 10,5 miljonit eurot, keskmiselt toetati auto ostu 16 500 euroga. Tänu elektriauto ostutoetusele, osteti Eestis üle 650 uue elektriauto. Ostutoetuse abiga osteti enim elektriautot Nissan Leaf, kokku 370 autot. [16]

Aastal 2012 alustati Eestis kiirlaadimispunktide võrgustiku loomist, tänu millele sai Eestist esimene riik maailmas, mis on suutnud terve riigi ühtlaselt katta kiirlaadimispunktidega. Kiirlaadimispunktid paigaldati kõrge liiklustihedusega maanteedele äärde ja asulatesse, kus elanike arv ületas 5000 piiri. Programmi raames võeti kavas paigaldada 160 kiirlaadijat, millest 100 laadijat kavandati linnadesse ja asulatesse ja 60 laadijat maanteedele äärde.

Laadimispunktide omavaheline kaugus maanteedel jäi umbes 40 kuni 60 km vahele. Loodud võrgustiku eesmärk oli anda elektriauto omanikele kindlustunnet elektriauto kasutamiseks ka pikemate vahemaade läbimiseks. Elektriautode kiirlaadimisvõrgustiku rajas Eestisse ettevõtte ABB ja selle tähtajaks oli 31. oktoober 2012. [17]

Joonisel 1.5 on graafik maanteeameti poolt väljatoodud sõidukite statistika kohta, kus on kuvatud Eestis arvel olevad elektrisõidukid. Aastal 2011 oli Eestisse registreeritud vaid 69 elektrisõidukit. Aastal 2012 kasvas elektrisõidukite arv Eestis hüppeliselt, jätkates tõusu. Vahemikus 31. detsember 2014 kuni 28. veebruar 2017 tõusis Eestis arvelevõetud elektrisõidukite arv 170 sõiduki võrra. [18]



Joonis 1.5 Eestis arvel olevad elektrisõidukid [18].

Elektriautode levik Eestis aastaks 2017 ei olnud saanud sellist hoogu nagu mujal maailmas. Aastal 2012 alanud programmi ELMO raames sotsiaalministeeriumi poolt kasutusele võetud 507 elektriautot tõstsid oluliselt Eestis arvelolevate elektriautode arvu. Seda aitas suurendada ka 2014. aastani jagatud elektriautode ostutoetus. Elektriautode ostu julgustab ka üle Eesti rajatud kiirlaadimispunktide võrgustik.

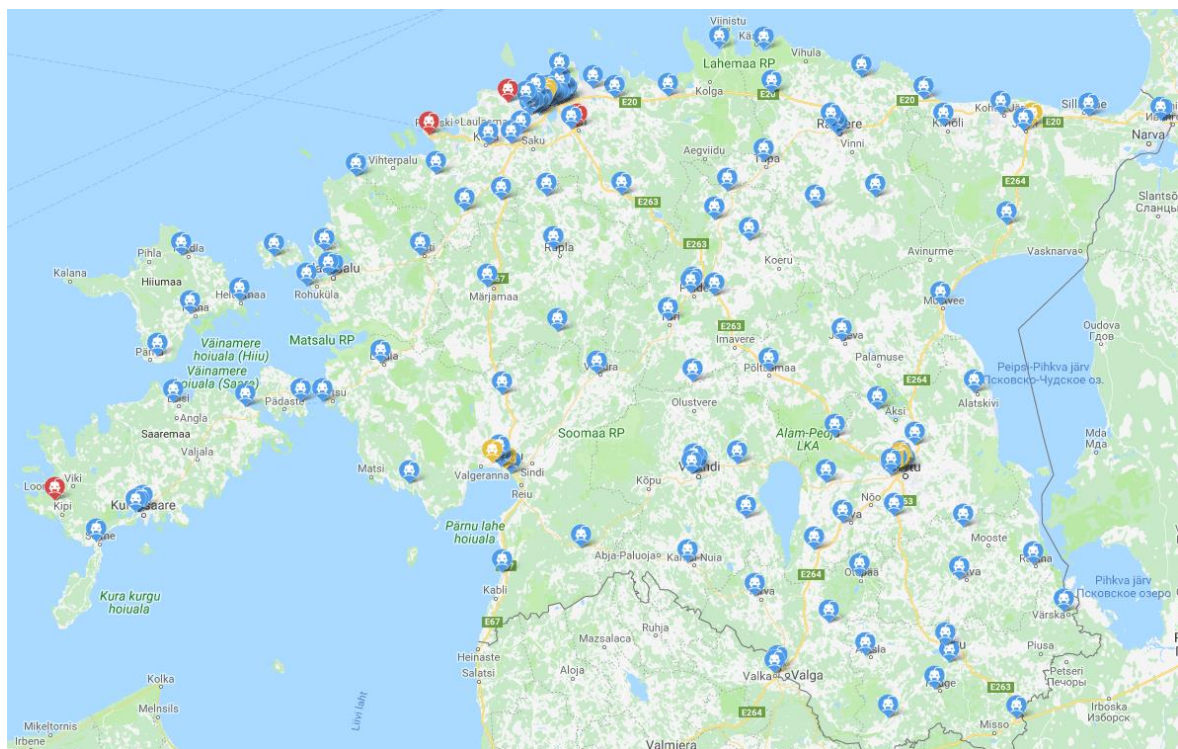
2. ELEKTRIAUTODE HETKEOLUKORD EESTIS

2.1 Laadimisvõimalused

2.1.1 Kiirlaadijate asukohad

2018. aasta aprilli seisuga on Eestis 168 avalikku kiirlaadijat. Paigutusel on arvesse võetud kohti, kus inimesed käivad kõige rohkem, näiteks bensiinjaamad, kohvikud ja kauplused. Linnades leiab enim laadijaid ostukeskuste, bensiinjaamade, postihoonete, pangahoonete või parklate juurest. [19]

Joonisele 2.1 on kuvatud Eesti elektriautode kiirlaadimistaristu. 168 avalikust kiirlaadijast 103 paiknevad linnades ja asulates ja 65 maanteede ääres. Suuremates linnades on vastavalt: Tallinnas 38, Tartus 11, Pärnus 5, Viljandis 3 ja Narvas 2 kiirlaadijat. [19]



Joonis 2.1 Eesti elektriautode kiirlaadimistaristu [19].

Joonisel 2.1 on märgitud elektriautode ikoonidega kiirlaadijate asukohad, siniste märkidega on tähistatud hetkel vabad olevad laadijad, kollaste märkidega töös olevad laadijad ja

punaste märkidega hoolduses olevad laadijad. Joonisel olevate laadijate tööolukord on fikseeritud 10.05.18 kell 16.13 ELMO laadimispunktide kaardilt ekraanitõmmisega [19]. Joonise põhjal võib väita, et laadijate kasutamine ei ole väga populaarne. Peamiselt leiavad kasutust suurtemate linnade laadijad.

2.1.2 Kiirlaadijad

Laadimisvõrgustiku olemasolu ei tähenda, et kõik elektriauto omanikud saavad probleemivabalt oma auto akud täis laadida. ELMO programmi raames paigaldatud kiirlaadijad sobivad vaid teatud elektriautodele, mis omavad CHAdeMO laadija pistikupesa, erinevale standardile vastavaid laadija pistikupesasid omavaid elektriautosid seal aga laadida ei saa. [20]

Joonisel 2.2 on kujutatud nelja enamlevinud elektriautode kiirlaadija ühenduspistikut [21]. Eestisse rajatud kiirlaadimisvõrgustik põhineb CHAdeMO laadijatel.



Joonis 2.2 Elektriautode kiirlaadijate ühenduspistikud [21].

CHAdeMO ühenduspistikud on kasutusele võetud autotootjate poolt nagu Toyota, Nissan ja Mitsubishi aastal 2010. Enamik Jaapanis olevaid kiirlaadijaid on just seda tüüpi. 2015. aasta lõpuks oli CHAdeMO tüüpi laadijaid maailmas kasutusel üle 10 000. Tegemist on alalisvoolu kasutava laadijaga. Enamasti on maksimaalseks väljundvõimsuseks 50 kW. [22]

CCS – *Combo Charging System*, tõlgitult eesti keelde tähendab see kombineeritud laadimissüsteemi. Laadimissüsteem loodi 2011. aasta lõpuks. Suurt edu see esialgu ei saavutanud, 2013. aasta suvel paigaldati Saksamaale esimene avalik testimiseks mõeldud laadimisjaam. Peamiselt kasutavad seda ühenduspistikut Saksa autotootjad, leida võib seda

autodel nagu BMW i3 ja Volkswagen e-Golf. Tegemist on peamiselt alalisvoolu kasutava kiirlaadijaga. Erinevalt CHAdeMO tüüpi laadijast saab CCS tüüpi laadijaga kasutada korraga ühe pesaga nii kiirlaadimist kui ka aeglast laadimist. Enamasti on maksimaalseks väljundvõimsuseks 50 kW. [22]

Type 2 – Antud ühenduspistikut kasutava laadija kasutab vahelduvvoolu. Peamiselt leiab sellist pistikupesa autolt nagu Renault ZOE. Sellise ühenduspistikuga laadijat saab kasutada nii koduvõrgus kuni 3 kW väljundvõimsusega, kui ka 3 faasilises võrgus kuni 43 kW väljundvõimsusega. [23]

Tesla Type 2 – Tegemist on Tesla Motorsi poolt väljatöötatud ühenduspistikuga, mis sobib ainult Tesla enda autode laadimiseks. Antud ühenduspistikut kasutavad nii-öelda Tesla Superlaadijad, millel on maksimum väljundvõimsuseks 120 kW alalisvooluvõrgus. Tesla Motors pakub enda toodetud autodele adaptereid, millega on võimalik autosid laadida ka CHAdeMO kui ka CCS tüüpi laadijatega. Küll aga ei ole võimalik teiste tootjate elektriautosid laadida Tesla võrgustikus. [24]

2013. aasta jaanuaris teatas Euroopa Komisjon, et ühiseks standardiks elektriautode laadimisel on valitud Saksamaa firma Menneksi poolt arendatud ühenduspistik *Type 2* [25]. Sellega seoses on Euroopa Ühendriigis kiirlaadimise standardiks Combo 2 ehk CCS ühenduspistikuga kiirlaadijad [26].

Tartu linn on välja kuulutanud hanke, mille raames ehitatakse juurde viis uut 50 kW väljundvõimsusega laadijat. Asukohtadeks plaanitakse Soola tänav, Poe tänav, Kaubamaja parkla ja Aura Veekeskus. Uued laadijad on mõeldud toetama korraga Euroopa laadimisstandardile vastavat, CCS ühenduspistikut kui ka hetkel enamlevinud CHAdeMO ühenduspistikut. Uued laadijad paigaldatakse hiljemalt 20. oktoobriks 2018, hetkel on Eestis vaid üks Euroopa standardile vastav kiirlaadija, mis asub Jüris. [27]

Seega toetab Eestisse rajatud avalik kiirlaadimisvõrk enamasti ainult Jaapani autotootjate poolt ehitatud elektriautosid, ehk autosid mis omavad CHAdeMO kiirlaadija pistikupesa. Hetkel on Euroopas standardiks CCS-tüüpi kiirlaadija, mis kuulutati välja pärast seda, kui Eestisse oli kiirlaadimispunktide võrgustik juba rajatud, seega oleks tarvis teha muudatusi Eesti laadimisvõrgustikku.

2.1.3 Aeglased laadijad

Madala võimsusega laadijaid kasutatakse enamasti kodudes, kontorites või parklates. Elektriauto laadimine nende laadijatega võtab aega keskmiselt 6 kuni 12 tundi, sõltuvalt auto aku mahutavusest. Majapidamistes kasutatavate laadijate võimsust on võimalik tõsta 3,6 kW juurde, pingel 230 V ja voolul 16 A. 3 kW väljundvõimsus on mõeldud kasutamiseks pingel 230 V ja voolul 13 A. [21]

Sobivate kiirlaadijate puudumisel katab inimeste vajadused ära nii-öelda aeglased laadijad, kui inimeste poolt läbitavad vahemaad elektriautoga on väiksed. Eramajapidamistesse saab kerge vaevaga hankida laadija, kui teenusepakkujaga sõlmitud elektriliitumine võimaldab lisada süsteemile lisaks 13 kuni 16 A vooluga tarbija.

Joonisel 2.3 on kujutatud aeglase laadijate pistikutüübid. Antud pistikutüübid on mõeldud laadimiseks madalatel võimsustel, maksimaalse väljundvõimsusega 3 kW vahelduvvoolul. Põhiliselt on kasutusel pistik Type 1 Aasia tootjate autodel ja Type 2 Euroopa tootjate autodel. [21]



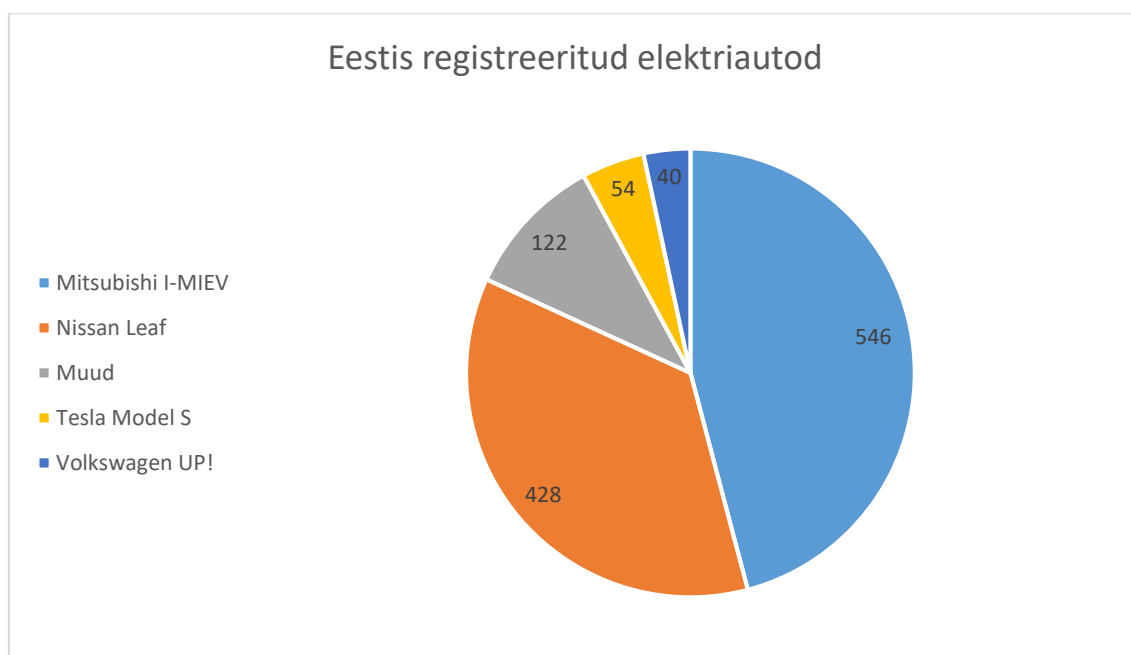
Joonis 2.3 Madala võimsusega laadijate pistikutüübid [21].

Kitsaskohaks peetakse elektriautode laadimist kortermajade juures, soovitakse, et kohalikud omavalitsused toetaks korteriühistuid laadimiskohtade loomisel. Korterite juures olevatesse parklatesse ja tänavatesse sobiks just aeglased laadijad, kuhu saaks elektriauto pikemaks ajaks jätta. [28]

2.2 Eestis olevad elektriautod

Maanteeameti elektriautode sõidukite statistika põhjal oli Eestis 2017. aasta 31. detsembri seisuga registreeritud 1190 elektriautot. Kokku on registreeritud Eestis 725 944 sõiduautot, elektriautode osakaal moodustab sellest vaid 0,164 %. [18]

Joonisel 2.4 on toodud välja Eestis registreeritud elektriautod mudeli-põhiselt. Enim on Eestisse registreeritud Mitsubishi I-MIEV, neid on registris kokku 546 sõidukit. Sellele järgneb Nissan Leaf, mida on registreeritud kokku 428 sõidukit. Kolmandana autode arvult, leiab graafikult Tesla Motors Model S 54 sõidukiga. Volkswagen UP! hõivab elektriautode arvult Eestis neljanda koha 40 sõidukiga. Ülejäänud elektriautod on koondatud sektori „Muud“ alla, mis moodustavad kokku 122 sõidukit. [18]



Joonis 2.4 Eestis registreeritud elektriautod [18].

Võrreldes 2017. aasta andmeid 2012. aasta andmetega, on Eestisse registreeritud Mitsubishi I-MIEV arv tõusnud 38 auto võrra. Automodelit Nissan Leaf oli 2012. aasta seisuga vaid 53 tükki, seega on registreeritud 375 uut sõidukit [18]. Sellest võib järeldada, et Eesti elektriautode seas on kõige populaarsemaks mudeliks just Nissan Leaf.

Nissan Leaf jõudis Euroopas liiklusesse 2011. aasta alguses. Nissani eesmärgiks oli luua elektriauto, mis oleks praktiline, piisava sõiduulatusega ja hinna poolest kättesaadav. Esimese generatsiooni Nissan Leaf omab 48 liitiumioon akumoodulist koosnevat akut, mille mahutavus on 24 kWh. Sõiduulatuseks täislaetud akuga lubatakse kuni 175 km. Kiirlaadijaga aku laadimine 80 %-ni võtab aega 30 minutit, aeglase laadijaga pingel 240 V ja voolul 16 A võtab aku täislaadimine 7-8 tundi. Auto omab kaasaegset lisavarustust nagu sõiduabi, parkimisandurid ja tahavaatekaamera [29]. Kasutusel on vahelduvvoolu sünkroonmootor, mille suurim võimsus on 80 kW, suurim pöörete arv 10 500 p/min. Nissan Leafi kiirus ulatub kuni 144 km/h ja kiirendab 0-100 km/h 11,5 sekundiga. Auto tühimag on 1475 kg. Akudele pakutakse mahtuvusgarantiid 8 aastat või 160 000 km. Nissan Leaf kasutab CHAdeMO tüüpi laadija pistikupesa, seega on need laetavad üle Eesti loodud kiirlaadimisvõrgustikus. [30]

Eesti ühistranspordis on elektriautodel suur osa takso teenuse pakkumisel. Aastal 2012 alustas Eestis taksoettevõtte Elektritakso, kes tegutseb Tallinnas, Tartus ja Pärnus. Elektritakso taksoparki kuulub 20. aprilli 2018 seisuga 55 elektriautot. Usaldus Nissan Leafi elektriautosse on püsinud ja ettevõtte vahetab eelmise põlvkonna autod aastal 2018 ilmunud uuema põlvkonna (joonis 2.5) autode vastu. Ettevõtte usub, et elektriautod aitavad parandada linnade õhukvaliteeti. [31]



Joonis 2.5 Elektritakso 2018. aasta Nissan Leaf [31].

Tartu elektritakso kogemuste põhjal on Leaf vastupidav auto, läbides esimese 5 aastaga kokku 10 miljonit kilomeetrit, üksikute sõidukite läbisõit on ületanud 322 000 km piiri. [32].

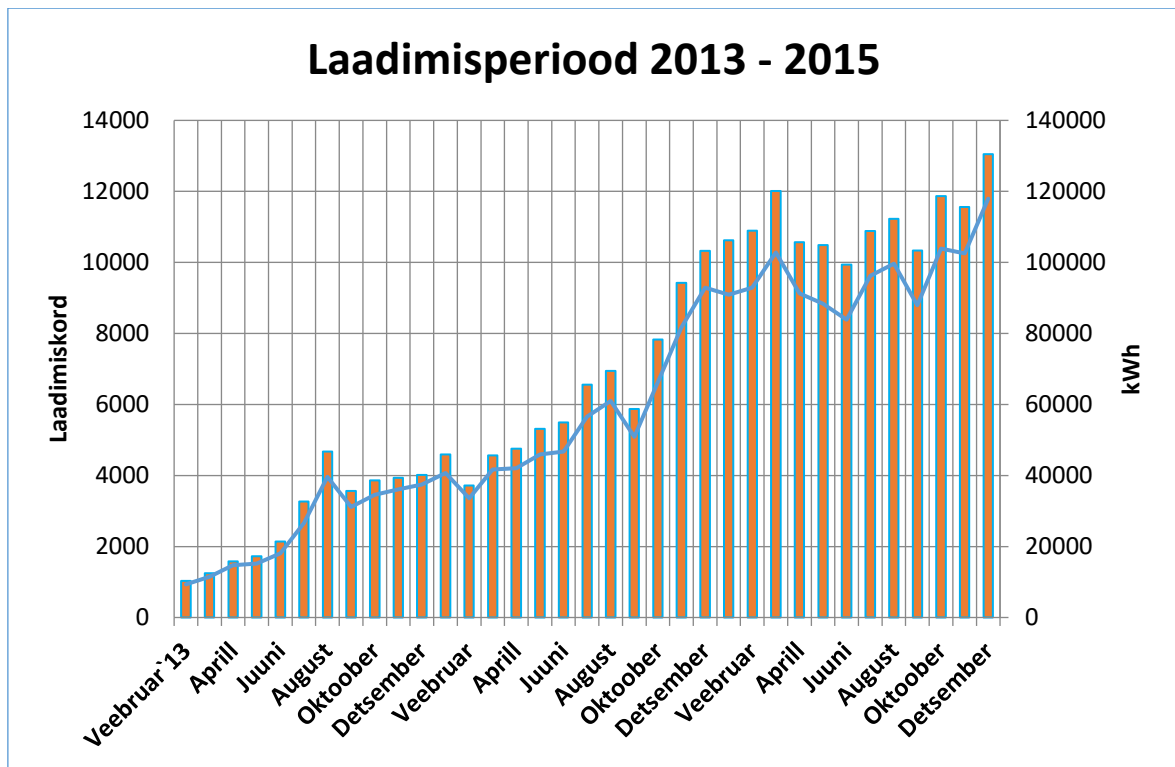
Analüüsides Eesti elektriautode statistikat, saab järeldada, et populaarseim elektriauto eestlaste seas on Nissan Leaf, mida on viimase 5 aastaga Eestisse registreeritud 375 autot.

2.3 Elektriautode poolt tarbitud elektrienergia

Elektriautosid peetakse sise põlemismootoriga autodest ökonoomsemaks, sellegipoolest on ka elektriautosid vaja pidevalt nii-öelda elektriga tankida. Aastal 2013 viidi läbi uuring SA KredEx tellimusel, milles küsitleti inimesi nende elektriautode tarbimisharjumuste kohta. Uurimusest selgus, et eraisikud laevad peamiselt auto akusid kodus tavapistikus (76 % vastanutest), kiirlaadimispunkte kasutas peamise laadimiskohana vaid 5 % vastanutest. Eraisikust elektriauto kasutajad laevad oma elektriautode akusid peamiselt öösiti, nii vastas 76 % inimestest, 14 % vastanutest eelistas päevast aega, kui auto seisab parklas ja 11 % vastanutest tunnistas, et ei planeeri ette elektriauto laadimist. [33]

Eesti elektromobiilsuse programmi interneti kodulehel on välja toodud andmed kiirlaadijate kasutamise statistika kohta, mille põhjal on koostatud joonised 2.6 ja 2.7 [34].

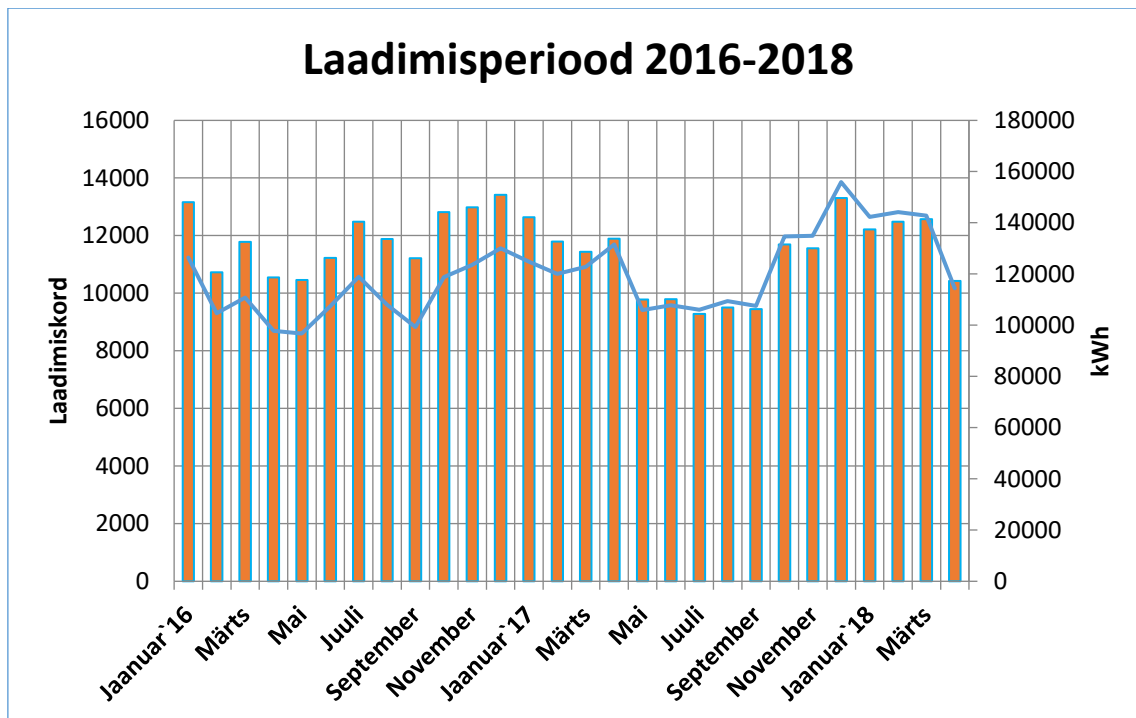
Joonisel 2.6 on kujutatud Eesti kiirlaadijate kasutusandmed perioodil aastast 2013 kuni 2015. Tulpdiagrammiga on väljatoodud kasutamiskorrad ühe kuu jooksul, mille skaala on kuvatud vasakpoolisel vertikaalteljel. Joondigrammiga on tähistatud elektrienergia tarbimine ühe kuu jooksul, mille skaala on kuvatud parempoolisel vertikaalteljel. [34]



Joonis 2.6 Eesti kiirlaadijate kasutusandmed aastal 2013–2015 [34].

Analüüsidest joonist 2.6 selgub, et 2013. aasta alguses oli kiirlaadijate kasutus madal, veebruaris 2013 kasutati Eesti kiirlaadijaid umbes 1000 korda ja tarbiti ära 10000 kWh elektrienergiat. Aja möödudes kasvas laadimiskordade arv ja sellega ühtlaselt tõusis ka tarbitav elektrienergia. 2013. aasta suurim laadimiskordade arv oli augustis, ületades 4500 korra piiri ja tarbides kuni 40 000 kWh elektrienergiat. 2014. aasta sügisest tõusis laadimiskordade arv märgatavalt. 2015. aasta veebruaris ja detsembris on olnud elektritarbimine ja laadimiskordade arv suurim. 2015. aasta detsembris tõusis laadimiskordade arv üle 13 000 ja elektritarbimine peaaegu 120 000 kWh piirini. Kui perioodi alguse poole tarbiti keskmiselt ühe korra kohta natuke vähem kui 10 kWh elektrienergiat, siis perioodi lõpu poole tarbiti ühe korra kohta vähem elektrienergiat. 2015. aasta veebruaris oli see umbes 8,6 kWh elektrienergiat ühe laadimiskorra kohta. 2013. aasta algusest kuni 2015. aasta lõpuni kasvas laadijate kasutamine kuni 11 korda.

Joonisel 2.7 on kujutatud Eesti kiirlaadijate kasutusandmed 2016. aastast kuni 2018. aasta aprillini. Tulpdiagrammiga on välja toodud kasutamiskorrad ühe kuu jooksul, mille skaala on kuvatud vasakpoolisel vertikaalteljel. Joondiagrammiga on tähistatud elektrienergia tarbimine ühe kuu jooksul, mille skaala on kuvatud parempoolisel vertikaalteljel. [34]



Joonis 2.7 Eesti kiiralaadijate kasutusandmed aastatel 2016-2018 [34].

Analüüsidest joonist 2.7 leitakse, et vahemikus 2016. aasta kuni 2018. aasta aprill ei ole toimunud suuri muutumisi laadimiskordade arvu. Jooniselt tuleb välja, et laadimiskordade arv oli suurem talvekuudel ja madalam suvekuudel. Selles perioodis oli kõige rohkem laadimiskordasid 2016. aasta detsembris, kui kiiralaadijat kasutati üle 13 400 korra, samal kuul tarbiti elektrit umbes 130 000 kWh. Madalaim kasutuskordade arv oli 2017. aasta maist kuni septembrini, kus see jäi alla 10 000 kasutuskorra kuus. Suurim elektrienergia kulu avaldus 2017. aasta detsembris, kus tarbiti umbes 155 000 kWh ühes kuus.

Võrreldes kasutusperioodi alguse mõõtmisi ja kasutusperioodi lõpu mõõtmisi, näeb muutust kiiralaadijate kasutamises, kus ühe laadimiskorra kohta tarbiti ära suurem hulk elektrienergiat. Võrreldes omavahel 2016. aasta jaanuari ja 2018. aasta jaanuari mõõtmisi, võib leida, et aastal 2016 kasutati kiiralaadijaid umbes 13 100 korda ja tarbiti elektrienergiat umbes 127 000 kWh. Samad näitajad 2018. aastal olid aga vastavalt umbes 12 200 korda ja 142 000 kWh. Selle põhjal leitakse, et 2016. aasta alguses tarbiti ühe laadimiskorraga keskmiselt 9,8 kWh, 2018. aasta alguses aga vastavalt 11,8 kWh ühe laadimiskorra kohta. Ühe laadimiskorra kestvus suurenes umbes 17 %. 2017. aastal kasutati kiiralaadijaid umbes 132 000 korral ja tarbiti kokku 1462 MWh elektrienergiat.

Joonise 2.7 analüüsist leiab autor, et kui inimeste kasutusharjumused ei ole aja jooksul muutunud, võib järeldada, et talvekuudel tarbivad elektriautod rohkem elektrienergiat, kui suvekuudel. Elektrienergia kogusest, mida ühel laadimiskorral keskmiselt tarbiti, järeldab autor, et uute elektriautode keskmine akumahutavus on aastate jooksul suurenenud võrreldes varem kasutusel olnud elektriautodega. Vastupidine efekt joonistel 2.6 ja 2.7, näitaks akude mahutavuse vähenemist ajas. Kui võtta keskmiseks elektriautoks Nissan Leaf, mille akumahutavus on 24 kWh saab väita, et keskmiselt laeti ühe laadimiskorraga juurde kuni 50 % akumahutavusest.

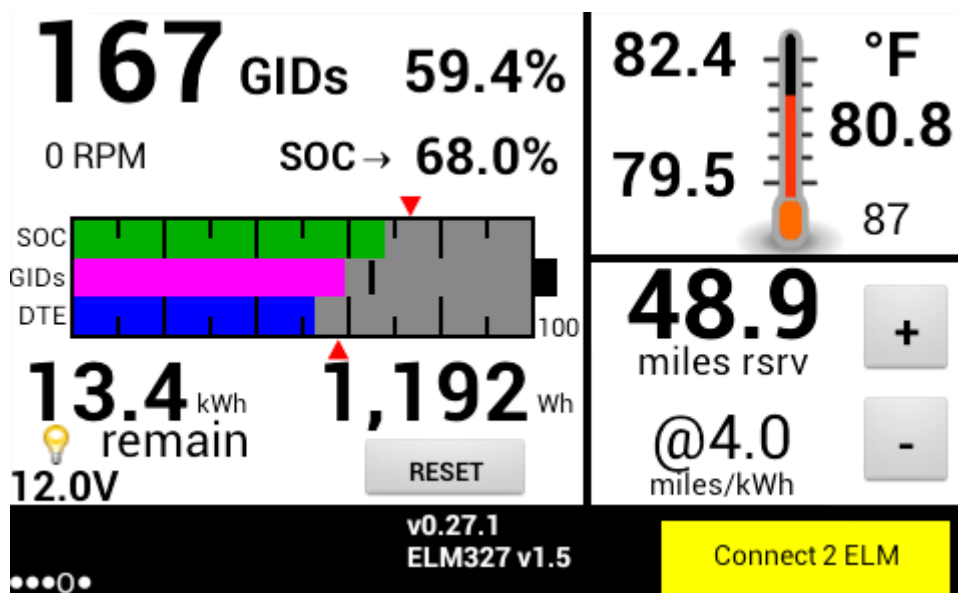
Uuringu tulemuse kohaselt aastal 2013 laadisid vaid 4% vastanutest peamiselt kiir-laadijatega [30]. Kui teha järeldus, et inimeste harjumused ei ole 5 aastaga muutunud, on võimalik leida teoreetiline elektrienergia kogus, mida tarbisid elektriautod kokku ühe aasta jooksul. Kui 2017. aastal tarbiti kokku kiir-laadijate poolt 1462 MWh ja see moodustaks kokku 4 % tarbitud elektrist, siis kogu tarbitav elektrienergia ühe aasta jooksul oleks 36 550 MWh.

3. ELEKTRIAUTODE ARVUTUSLIK ANALÜÜS

3.1 Elektriauto algandmed

Varasemalt selgus töö käigus, et Eestisse on kõige rohkem viimastel aastatel registreeritud uue elektriautona Nissan Leafi. Sellest tulenevalt valitakse analüüsi aluseks ka antud elektriauto.

2018. aasta aprilli kuus ilmus ajakiri Digi nr 156, milles on artikkel teemal „Kas Tartusse saab?“. Antud artiklis uurib Glen Pilver, kas esindusest võetud tuliuue Nissan Leafiga saab sõita Tallinnast Tartusse täislaetud akuga. Katse käigus on kasutatud OBD II diagnostikapessa ühendatud sinihambaga varustatud diagnostikaseadet, mis on ühenduses telefoniga mobiilirakenduse Leaf Spy Pro (joonis 3.1) kaudu. [36]



Joonis 3.1 Ekraanitõmmits mobiilirakendusest Leaf Spy Pro [37].

Leaf Spy Pro on mobiilirakendus, mille abil on võimalik lugeda Nissan Leafi täpsemaid kasutusandmeid, mis on enamasti mõeldud kuvamiseks tootjale. Antud rakendusega on võimalik jälgida aku pinget erinevates elemendipaarides, aku temperatuuri, aku täpset mahutavuse hulka, tarbitud elektrienergiat, hetkekulu ja optimaalset tühjenemisaega. [38]

Testitud elektriauto Nissan Leaf 2018 tehnilised andmed on esitatud tabelis 3.1.

Tabel 3.1 Nissan Leafi tehnilised andmed [39]

Mootor	Vahelduvvoolu-sünkroonmootor
Võimsus	110 kW
Väändemoment	320 Nm
Tühimass	1543 kg
Aku	40 kWh
Tippkiirus	144 km/h
Kiirendus 0-100 km/h	7,9 sek
Sõiduulatus	378 km

Katse alguses mahutas elektriauto aku lubatud 40 kWh asemel 38,4 kWh. Linnasõidul kulutati ära 3,4 kWh, Tallinnast Tartusse sõitmist alustades oli akus 35 kWh elektrienergiat, prognoositav sõiduulatus 245 km. Katse käigus liiguti 90 km/h ja kasutati mugavusseadmeid nagu raadio ja soojapuhur. Ühtlasel sõidul oli elektrikulu 15,4 kWh/100 km kohta. Tartusse sõiduga kulutati ära umbes 28 kWh elektrit ja keskmiseks kuluks saadi 15 kWh/100 km kohta. Nissan Leafi saab laadida Eestis olevate kiirlaadijatega, kasutusel on CHAdeMo tüüpi laadimispistikupesad. Arvestamata laadimise kasutegurit, oli võimalik ühe tunni jooksul juurde laadida 29,65 kWh elektrienergiat. Tartust Tallinnasse sõitu alustati akus oleva 35 kWh elektrienergiaga, millega sõideti Jüris asuva ABB kiirlaadijani, sinna jõudes oli akus järel 2,2 kWh energiat. Antud katse jooksul 35 kWh elektrienergiaga uuesti Tartust Tallinnasse ei jõutud, keskmine energiakulu Tallinnasse sõidul ei langenud alla 18 kWh/100 km kohta. [36]

Tabelis 3.1 välja toodud tehniliste andmete põhjal on energiakulu 40 kWh ja 378 km korral 10,6 kWh/100 km kohta. Testitulemusena aga sellist tulemust ei saavutatud. Töö autor järeldeb katse põhjal, et Nissan Leafi keskmiseks kuluks Eesti oludes on 16,5 kWh/100 km kohta.

Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuur (EPA) on avaldanud nende poolt teostatud katsetuste ametlikud andmed Nissan Leaf 2018 tegeliku elektrikulu kohta.

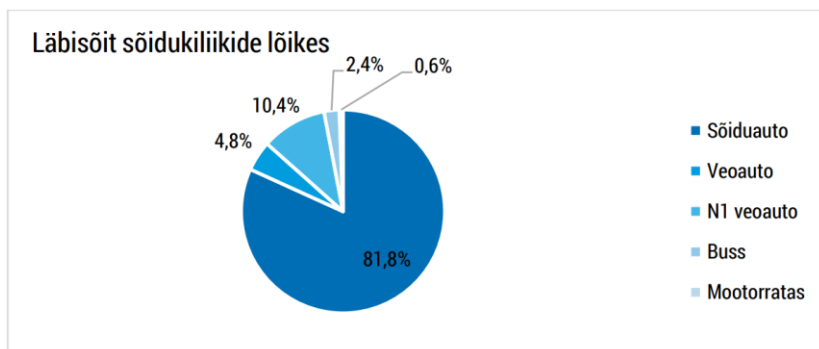
Katsetuste põhjal leiti linnakulukuks 16,7 kWh/100 km, maanteekulukuks 20,88 kWh/100 km, kombineeritud elektrikulu on 18,64 kWh/100 km kohta. [40]

Tulemina Eestis läbi viidud katsetusest sõita Tallinnast Tartusse ja tagasi Tallinnasse, ning lähtudes EPA avaldatud andmetest leiab töö autor katsetulemuste keskmiseks kulukuks 17,8 kWh/100 km kohta. Antud tulemus loetakse autori poolt järgnevates arvutustes kasutatavaks elektriauto keskmiseks elektrikulukuks

3.2 Keskmiselt läbitav kilometraaz

Maanteeametis on toimunud aastast 2014 analüüsi ja vajaliku metoodika välja töötamine, et leida Eestis olevate sõidukite iga-aastast läbisõitu. Analüüside aluseks on võetud liiklusloenduse ja liiklusregistri andmed. Püsiloenduspunktide ja perioodiliste loenduspunktide info põhjal on koostatud liiklusloenduse statistika. Statistika põhjal on võimalik eristada omavahel sõiduautod, veoautod ja autorongid. Kohalike teede ja linnade läbisõit on tuletatud lähtudes eelnevate aastate loendusperioodide andmetest. Tehnonõuete vastavuse kontrollis kirjutatakse ülesse sõidukite odomeetrinäidud, antud tulemusi võrreldakse loendus andmetega, et kontrollida nende õigsust. [41]

Joonisel 3.2 on esitatud andmed läbisõidu kohta sõiduliikide lõikes. Statistikaameti andmetel sõidavad Eestis olevad veoautod 72 % läbisõidust välismaal, sellest tulenevalt on ka joonisel veoautode osakaal 4,8 % kogu sõidukipargi läbisõidust. Sõiduautode läbisõit moodustab 81,8 % kogu sõidukipargi läbisõidust. [41]



Joonis 3.2 Läbisõit sõiduliikide lõikes [41].

Aastal 2017. läbiti Eestis sõidukite poolt kokku 10 811 miljonit kilomeetrit. Tabelis 3.2 on toodud välja sõidukite läbisõit Eesti teedel, võttes aluseks, et veoautod on enda läbisõidust 72 % teostanud välisriikides. N1-veoautodest moodustab enamuse sõiduaudod, seega loetakse need sõiduaudodeks. [41]

Tabel 3.2 Sõidukite läbisõit aastal 2017 Eesti teedel [37]

Sõiduki liik	Osakaal	Läbisõit (milj.km)
Sõiduauto	92,2 %	9968,0
Veoauto, autorong	4,8 %	518,9
Buss	2,4 %	259,5
Mootorratas	0,6 %	64,9
Kokku	100 %	10811,3

Maanteeameti sõidukite statistika andmetel oli 2017. aasta lõpuks liiklusregistris arvel 725 944 sõiduaudot ja 49 130 N1-veoaudot [18]. Kuna enamik N1-veoaudodest on enda olemuselt sõiduaudod, loetakse need töö käigus sõiduaudode hulka. Seega kokku 2017. aasta lõpuks oli 775 074 sõiduaudot.

Teades, et sõiduaudode poolt läbiti 2017. aastal kokku 9968 miljonit kilomeetrit ja kokku on registris 775 074 sõiduaudot, leitakse ühe auto aastane kilometraaz jagades kogu läbitud teepikkuse sõidukite arvuga. Ühe registris oleva sõiduaudot aastaseks läbisõiduks leitakse 12 861 kilomeetrit. Arvestades, et andmestik sisaldab peatatud registrikandegas sõidukeid, on tegelikult ühe pidevalt liikluses oleva sõiduki aastane läbisõit suurem.

3.3 Laadimise efektiivsus

Aastal 2015 viidi läbi uuring L'Aquila ülikooli energeetika inseneri grupi ja ENEA säästlike sõidukite uurimislabori poolt Itaalias, mille tulemusena uuriti CHAdEMO 50kW kiirlaadija energiaefektiivsust. Töö autoriteks on Antonino Genovese, Fernando Ortenzi ja Carlo Villante. Uuritud elektriaudot kasutati Nissan Leafi. Uurimuse käigus jälgiti laadija ja elektriaudot parameetreid sõltuvalt erinevatest koormustest. [42]

Uuritav kiirlaadija oli Circuitor SA EQC-50 (joonis 3.3), tegemist on alalispinge laadijaga, mille maksimum võimsus CHAdEMO pistikupesaga on 62,5 kW [42].



Joonis 3.3 Laadimissüsteem ja mõõtevahendid. [42]

Esimese katse käigus mõõdeti ja analüüsiti laadija kasutegurit erinevatel võimsustel, saadud tulemused on esitatud tabelis 3.3 [42].

Tabel 3.3 Laadimisefektiivsus erineval võimsusel [42]

Laadimisvõimsus (kW)	Kasutegur (%)
3	86,0
16	91,6
22	92,2
43	92,6
50	92,6

Tabelis 3.3 esitatud andmete järgi võib väita, et laadija kasutegur paraneb suurema võimsusega laadides.

Teise katse käigus mõõdeti ja analüüsiti laadija kasutegurit erineva võimsuse juures sõltuvalt sellest, mis laetustasemel oli Nissan Leafi 22 kWh mahutav aku. Saadud tulemused on esitatud tabelis 3.4. [42]

Tabel 3.4 Laadija efektiivsus sõltuvalt võimsusest ja aku laetustasemest [42]

Laadimisvõimsus (kW)	Aku 23 %	Aku 43 %	Aku 60 %
3	85,0	85,0	85,0
16	84,6	88,1	83,2
22	91,1	90,5	83,7
44	91,7	90,6	87,5
50	91,4	89,7	83,18

Tabeli 3.4 andmete põhjal, saab järeldada, et laadija efektiivsus väheneb, kui sellega laadida juba pooltäis akut. Antud andmete põhjal on efektiivseim laadimisvõimsus 44 kW. Kõrgemat võimsust kui 3 kW saab kasutada ainult akutasemeni kuni 80 % [42].

2013. aastal kasutajauuringus osalejatest vaid 4% vastanutest kasutas põhilise laadijana kiirlaadijat [30]. Sellest tulenevalt valib töö autor põhiliseks laadijaks nii-öelda aeglase laadija, mille võimsuseks on keskmiselt 3 kW. Laadimisvõimsuse 3 kW juures ei sõltu kasutegur aku laetustasemest. Sellest tulenevalt kasutab autor järgnevas töös laadimise kasutegurina 85 %.

3.4 Elektriauto elektrienergia arvutuslik tarbimine Eestis

Elektriauto poolt tarbitava elektrienergia arvutamiseks on töö autor varasemate uuringute analüüsimise teel leidnud algandmed, mille põhjal on võimalik koostada kaudsel arvutusel põhinev arvutuskäik.

Selleks on töö autor valinud keskmise elektriauto Eestis, mille põhjal on leidnud elektriauto energia kulu 100 kilomeetri kohta. Maanteeameti poolt avaldatud 2017. aasta statistika põhjal on autor leidnud Eestis registreeritud sõiduauto keskmise läbisõidu. Elektriauto varustamine elektrienergiaga toimub läbi autos oleva aku, mida laetakse elektrivõrgust

laadija abil. Varasemalt läbiviidud uuringu põhjal on töö autor valinud laadija efektiivsusnäitaja.

Valitud algandmed on kantud tabelisse 3.5

Tabel 3.5 Algandmed elektrienergia tarbimise arvutamiseks

Näitaja	Suurus	Ühik
Energiakulu	17,8	kWh/100km
Aastane läbisõit	12861	km
Laadija kasutegur	85	%

Ühe elektriauto poolt tarbitav elektrienergia leitakse järgnevalt

$$E = \frac{\frac{E_a}{100} \cdot s}{\eta} = \frac{\frac{17,8}{100} \cdot 12861}{0,85} = 2693,3 \quad (3.1)$$

Kus E on tarbitav elektrienergia aastas kWh;

E_a – Elektriauto poolt tarbitav energia 100 km kohta kWh;

s – Sõiduauto aastane läbisõit km;

η – Laadija kasutegur.

Ühe elektriauto poolt tarbitav aastane elektrikogus on 2693,3 kWh, kui sellega läbida aastas 12 861 km, mida tehakse keskmiselt ühe registris oleva sõiduauto kohta.

4. ELEKTRIAUTODE PROGNOOSITAV MÕJU EESTI ELEKTRITARBIJASELE

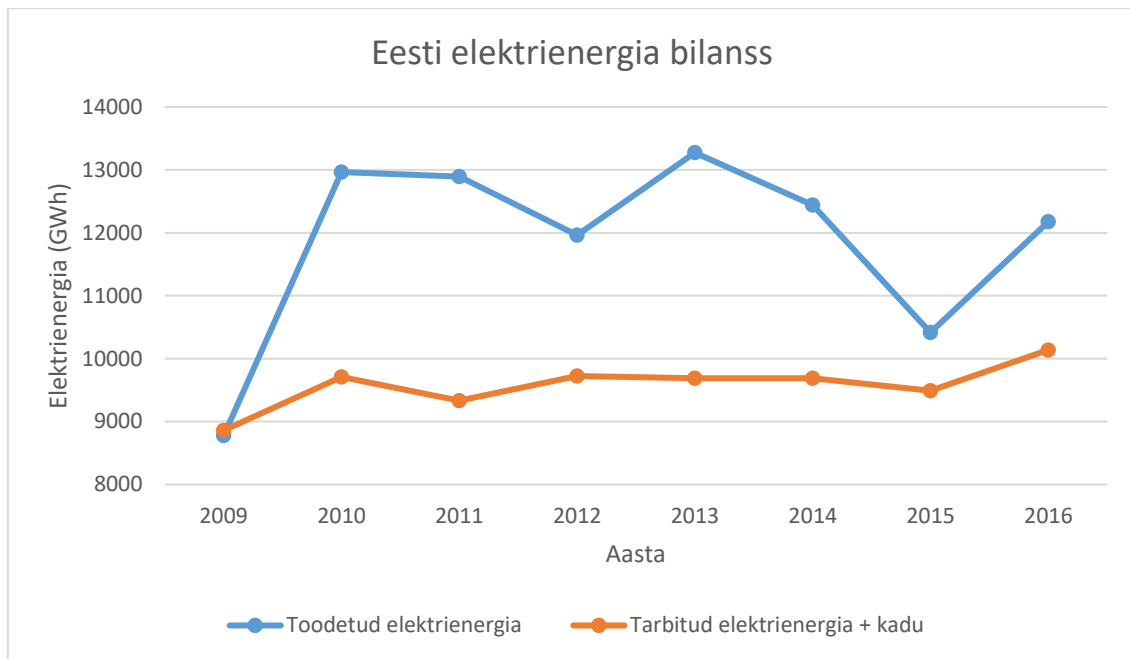
4.1 Eesti elektrienergia hetkeseis

Eesti suurim elektrienergia tootja on Eesti Energia, kelle poolt toodetakse Narva elektrijaamades 90 % Eesti elektrienergiast. Elektrienergiat eksporditakse ka Baltimaadesse ja Estlink merekaabli kaudu Põhjamaadesse. Narva elektrijaamade alla kuulub Eesti, Balti ja Auvere elektrijaam, kokku on maksimaalne tootmisvõimsus kuni 12 TWh aastas. Põhiliselt toodetakse Eestis elektrit põlevkivist. [43]

2016. aastal tarbiti elektrienergiat suurusjärgus 8,38 TWh . Eesti elektrisüsteemi netootmisvõimsuseks on 2947 MW. Eesti elektrisüsteemiga on 2016. aasta oktoobrikuu seisuga liitunud 375 MW tuuleparke, mille rekordtootmiseks on mõõdetud 2014. aasta detsembris 279 MW. Elektrienergia ülekandmine põhjustab võrgus kadusid, 2016. aastal moodustasid kaod 3,0 % kogu põhivõrku antud elektrienergia kogusest. [44]

2017. aastal toodeti Eestis elektrienergiat 11,2 TWh, mis on 8% enam kui 2016. aastal. Taastuvenergiast toodetud elektrienergia suurenes 15% tõustes 1,6 TWh-ni, muudest allikatest toodetud elektrikogus kerkis 7% tõustes 9,6 TWh-ni. Eesti elektrienergia bilanss oli 2017. aastaga 2,7 TWh-ga ülejäägis. 2016. aastal oli ülejäägiks 2 TWh. 2017. aastal imporditi 2,3 TWh ja eksporditi 5 TWh elektrienergiat. [45]

Joonisel 4.1 on kujutatud Eesti Statistika andmebaasi poolt avaldatud elektrienergia bilanss aastate kaupa [46]. Vertikaalteljele on kuvatud elektrienergia hulk gigavatt-tundides, horisontaalteljele on kuvatud jaotus aasta kohta. Ülemine joon tähistab toodetud elektrienergiat ja alumine joon tarbitud elektrienergiat, millele on juurde liidetud kadu.



Joonis 4.1 Eesti elektrienergia bilanss [46].

Jooniselt 4.1 on võimalik näha märgatavat elektrienergia tootmise kasvu aastal 2010. Tootmine on langenud madalamale 2015. aastal ja suurenenud 2016. aastal. Suurim tootlikus oli 2013. aastal, kui toodeti 13 275 GWh aastas. 2009. aastast edasi on elektrienergia bilanss olnud positiivne. Elektrienergia tarbimine on püsinud enamvähem stabiilne, kuid kergelt tõusuteel.

Eestis toodetakse alates 2010. aastast rohkem elektrienergiat, kui seda tarbitakse. 2017. aastal saavutati 2,7 TWh ülejääk. See annab Eesti elektrienergia tarbimisele varu kasvuks, kui seda peaks vaja minema.

4.2 Elektritarbimine elektriautode arvu suurenemisel

Töö autor leidis, et ühe elektriauto poolt tarbitav elektrikogus aastas on 2693,3 kWh. Eesti registrisse on registreeritud kokku 775 074 sõiduauto, millesse on lisatud ka N1-rühma kaubikud, sellest tulenevalt on võimalik teha prognoos, kui inimesed vahetaks enda vanad sise põlemismootoriga sõiduaudod elektriautode vastu. 2017. aastal lõpuks oli registreeritud

1190 elektriautot, mis moodustas kogu sõiduautode hulgast 0,154 %, juurde arvestatud ka N1-veoautod. Nende autode aastane elektrienergia tarbimine oleks leitav järgnevalt:

$$E_{0,154\%} = n \cdot E = 1190 \cdot 2,6933 = 3205 \quad (4.1)$$

kus $E_{0,154\%}$ on tarbitav elektrienergia 0,154 % elektriautode osakaalu korral aastas MWh;

n – elektriautode arv;

E – ühe elektriauto poolt tarbitav elektrienergia aastas.

2017. aastal registris olevate elektriautode tarbimine on prognoositavalt 3205 MWh aastas.

Kui Eestis olevate elektriautode osakaal kasvaks 5 % peale, oleks prognoositav elektrienergia leitav järgnevalt:

$$E_{5\%} = (n_r \cdot 0,05) \cdot E = n \cdot E \quad (4.2)$$

$$E_{5\%} = (775074 \cdot 0,05) \cdot 2,6933 = 38754 \cdot 2,6933 = 104376$$

kus $E_{5\%}$ on tarbitav elektrienergia 5 % elektriautode osakaalu korral aastas MWh;

n_r – registreeritud sõiduautode arv;

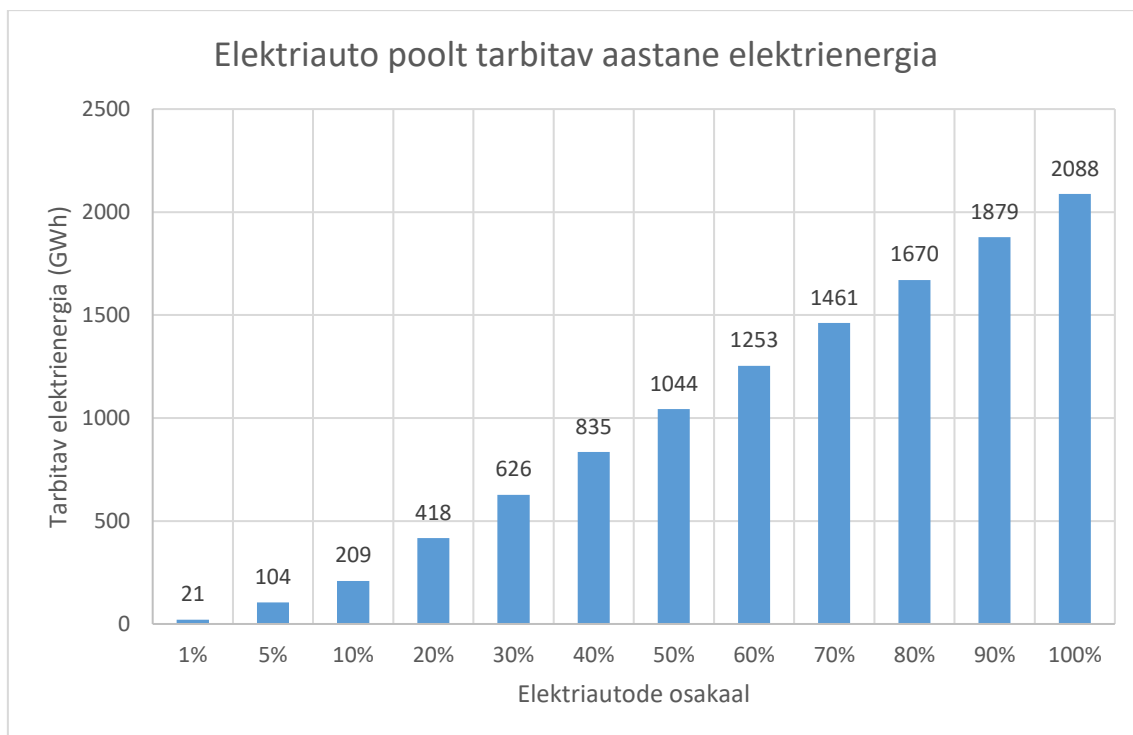
n – elektriautode arv;

E – ühe elektriauto poolt tarbitav elektrienergia aastas.

Elektriautode arvu kasvu korral 5 % osakaaluni, kasvaks tarbitud elektrienergia aastas umbes 104,4 GWh.

Kasutades valemit 4.2, on prognoositud elektriautode poolt tarbitava elektrienergia osakaal ülejäänud registreeritud sõiduautode hulgast. Saadud tulemused on kantud joonisele 4.2.

Joonisel 4.2 on kujutatud prognoositav elektriautode poolt tarbitav elektrienergia hulk. Vertikaalteljel on toodud välja tarbitav elektrienergia gigavatt-tundides, horisontaalteljele on kantud elektriautode võimalik osakaal kõigi registreeritud autode hulgast.



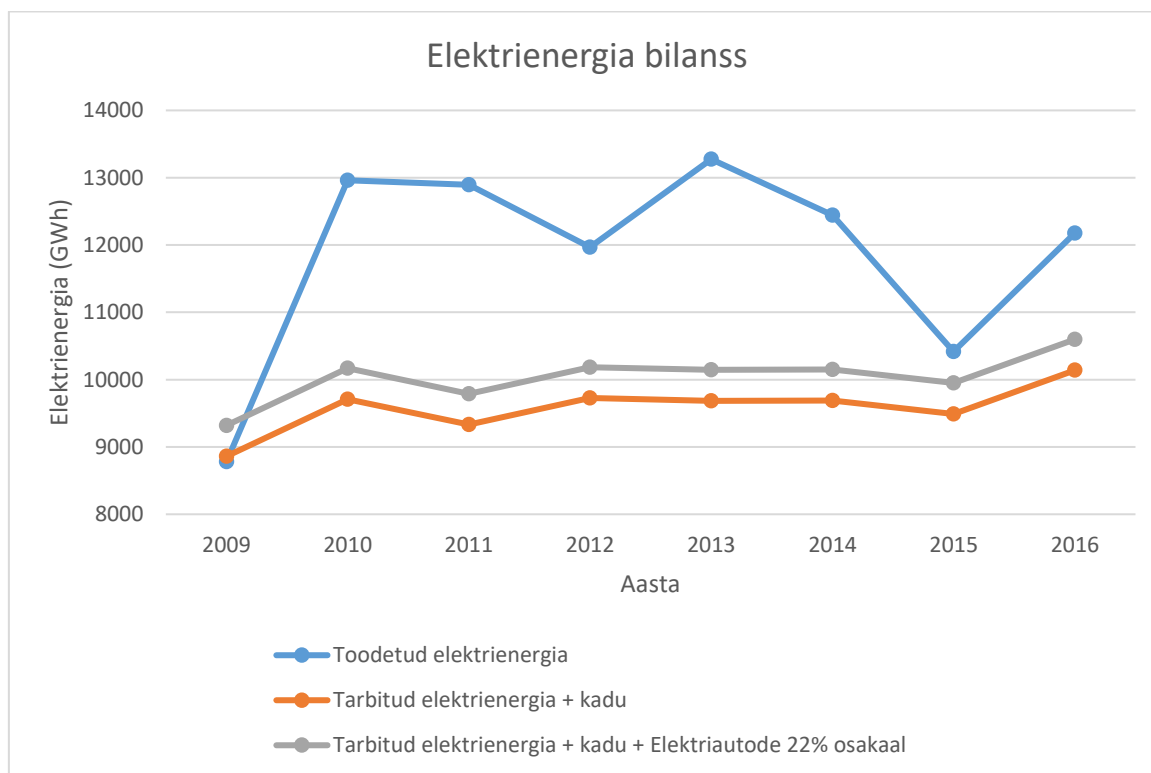
Joonis 4.2 Elektriautode poolt tarbitav aastane elektrienergia.

Analüüsidest joonist 4.2 leiab töö autor, et 10 % osakaalu korral kulub elektriautode peale aastas 209 GWh elektrienergiat. 100 % elektriautode osakaalu korral, kulub aastas elektrienergiat 2,088 TWh.

4.3 Elektriautode võimalik mõju Eesti elektrienergia olukorrale.

Analüüsi tulemusel on leitud, et 2030. aastaks võiks elektriautode osakaal maailmas olla 7% kuni 22% [47]. Kui Eestis jääks autode arv ja nende läbisõit samaks, moodustaks 7% - 22% osakaal elektrienergia tarbimiseks umbes 146 – 459 GWh. Arvestades Eesti elektrienergia bilanssi, mis on suutnud püsida positiivne ja saavutada 2017. aastal 2,7 TWh ülejäägi, ei tohiks 7% - 22% elektriautode osakaal põhjustada elektrienergia puudujääki. Seda tingimust, et üldine elektritarbimine püsib samas trendis. 2017. aasta seisuga, kus suudeti toota 2,7 TWh ülejääk, oleks võimalik täita elektriautode 100 % osakaalu korral elektrienergia vajadus, mis ei ületaks 2,1 TWh.

Joonisele 4.3 on kujutatud Eesti elektrienergia bilanss (joonis 4.1), millele on lisatud tunnusjoon elektrienergia kogutarbimisest 22 %-lise elektriautode osakaalu korral.



Joonis 4.3 Elektrienergia kogutarbimine 22 % elektriautode osakaalu korral.

Analüüsidest joonist 4.3 leiab töö autor, et 2009. aasta elektrienergia tootmise juures oleks 22% elektriautode osakaal põhjustanud vajadust osta elektrienergiat sisse. Vaadeldes aga järgnevaid aastaid leitakse, et toodetud elektrienergia ja kogutarbitud elektrienergia tunnusjooned omavahel ei ühti, mis tähendab, et puudujääki ei tekiks.

2016. aastal toodeti Eestis taastuvenergiast 1412 GWh elektrit [48]. Kui taastuvenergiast toodetav elekter kulutada ainult elektriautode laadimiseks, saaks tagada 65% osakaaluga elektriautode elektrienergia vajaduse.

KOKKUVÕTE

Elektriautode arv pärast nende leiutamist ületas bensiinimootoritega autode arvu ja konkureeris 20. sajandi alguses aumootorit kasutavate autodega. Aja möödudes võtsid aga sisepõlemismootoriga autod müügituru enda alla tänu odavale hinnale ja suurele sõiduraadiusele. Elektriautod sattusid uuesti inimeste huviorbiiti kui tekkis soov vähendada õhureostust ja puhkes naftakriis, mille tulemusel tõusis märkimisväärselt nafta hind. Elektriautode teerajajaks sai 21. sajandi alguses hübriidauto, mis kasutas korraga sisepõlemismootorit ja elektrimootorit, tänu sellele saavutati kaks korda väiksem kütusekulu ja CO₂ kogus heitgaasides. Liitiumioonakude kasutuselevõtt elektriautodes võimaldas suurendada sõiduraadiust, tänu millele sai alguse elektriautode laialdasem levik. 2016. aastal oli maailma liikluses üle 2 miljoni elektriauto.

Eesti taastuvenergia osakaalu suurenemisele transpordis aitas kaasa Eesti elektromobiilsuse programm, mille käigus võttis sotsiaalministeerium näidiskasutusse 507 Mitsubishi IMiev elektriautot. Majandusministeeriumi poolt töötati välja toetusskeem elektriautode ostuks, toetuse suurus oli kuni 18 000 eurot. Programmi käigus loodi Eestisse kiirlaadimispunktide võrgustik, tänu millele sai Eestist esimene riik maailmas, mis on suutnud terve riigi ühtlaselt katta kiirlaadimispunktidega. Eestis on kokku 168 kiirlaadijat, mis toetavad peamiselt CHAdeMO kiirlaadimis ühenduspistikut. Peale võrgustiku rajamist valis Euroopa Komisjon ühiseks standardiks CCS ühenduspistikuid toetavad laadijad, ning seetõttu vajab Eesti laadimisvõrgustik uuendusi. 2018. aasta lõpuks paigaldatakse Tartusse 5 uut CCS ühenduspistikut toetavat kiirlaadijat.

2017. aasta lõpuks oli Eestisse registreeritud 1190 elektriautot, mis moodustas kokku vaid 0,164% registreeritud sõiduautode arvust Eestis. Viimase 5 aasta jooksul on enim registreeritud automudel Nissan Leaf 375 uue sõidukiga. 2017. aastal kasutati kiirlaadijaid umbes 132 000 korral ja tarbiti kokku 1462 MWh elektrienergiat.

Töö käigus teostatud arvutuste aluseks võeti Eestis populaarseim elektriauto Nissan Leaf. Keskmise elektrikulu leidmiseks Eestis, kasutati varajasemate uuringute käigus leitud mõõtmistulemusi sõidul Tallinnast Tartusse ja tagasi ning Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuuri poolt teostatud katsetuste andmeid. Autor leidis kahe erineva

allika mõõtmistulemuste keskmisena elektriauto Nissan Leafi kombineeritud elektrikuluks 17,8 kWh/100 km kohta. Maanteameti analüüside põhjal, mille aluseks on liiklusloendused ja liiklusregistri andmed, leiti sõiduautode poolt läbitavaks aastaseks kilometraažiks 9968 miljonit kilomeetrit. Sellest tulenevalt leiti, et ühe liiklusregistris arvel oleva sõiduauto kohta läbitakse aastas 12 861 kilomeetrit. Varasemalt läbi viidud kiirlaadija uuringu põhjal valis töö autor tulemusi analüüsides ja eestlaste laadimisharjumusi arvestades arvutustes kasutatavaks laadija kasuteguriks 85 %.

Arvutuste tulemusena leidis autor, et ühe elektriauto poolt tarbitav aastane elektrienergia kogus on 2693 kWh. Sellest tulenevalt leiti, et 2017. aastal tarbiti Eestis registreeritud 1190 elektriauto poolt kokku 3205 MWh elektrienergiat. Töö käigus tehti prognoos, et kui 7 – 22% kogu autodest moodustaksid elektriautod, siis selline olukord tooks kaasa elektrienergia tarbimise suurenemise 146 – 459 GWh võrra aastas. 100% autode osakaal tooks endaga kaasa elektritarbimise suurenemise 2,088 TWh võrra aastas.

2017. aastal toodeti Eestis 11,2 TWh elektrienergiat, mis oli 8% enam kui 2016. aastal. Eelmise aastaga võrreldes tõusis 2017. aastal toodetud elektrienergia ülejääk 26%, saavutades 2,7 TWh taseme. 2017. aastal imporditi 2,3 TWh ja eksporditi 5 TWh elektrienergiat. 2016. aastal toodeti Eestis taastuvenergiast 1412 GWh elektrienergiat.

Analüüsi tulemusel leiti töös, et 22% elektriautode osakaalu korral säilitaks Eestis toodetava elektrienergia bilanss ülejäägi. Sellest tulenevalt saab väita, et kui üldine elektritarbimine püsib samas trendis, ei valmistaks elektriautode poolt tarbitav elektrienergia kogus Eestis puudujääki. Hetkel Eestis taastuvenergiast toodetud elektrienergiaga oleks võimalik tagada 65% elektriautode osakaalu tarbitav elektrienergia kogus.

Järgnevate uuringute tegemisel tuleks koguda ja analüüsida andmeid kodumajapidamises laetavade elektriautode elektrienergia tarbimise kohta. Leitud andmete ühendamisel kiirlaadijate kaudu tarbitud elektrienergia mõõtmistega, oleks võimalik koostada täpsem ülevaade tarbimisest ja selle prognoosimiseks. Tulevikus tuleks hinnata üle uute elektriautode leviku ja kasutuselevõtu kiirus. Lisaks elektrienergia tarbimisele, tuleks hinnata praeguse elektrivõrgu vastupidavust suuremale koormusele ja elektriautode laadimisel tekkivat mõju elektrisüsteemi talitusele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Coffee machines and IT devices to use electricity more efficiently. Umweltbundesamt Headquarters. Saksamaa. (2014) Kättesaadav: <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/coffee-machines-it-devices-to-use-electricity-more> (15.05.18)
2. The death of the internal combustion engine - The Economist (12.08.17) Kättesaadav: <https://www.economist.com/leaders/2017/08/12/the-death-of-the-internal-combustion-engine> (15.05.18)
3. **Shahan, J.** (26.04.15). Electric Car Evolution. Kättesaadav: <https://cleantechnica.com/2015/04/26/electric-car-history/> (15.05.18)
4. World's first electric car built by Victorian inventor in 1884 - The Telegraph. (24.04.09) Kättesaadav: <https://www.telegraph.co.uk/news/newstoppers/howaboutthat/5212278/Worlds-first-electric-car-built-by-Victorian-inventor-in-1884.html> (15.05.18)
5. **Fuller, J.** (2009). The First Electric Car. Kättesaadav: <http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/hybrid-technology/history-of-electric-cars1.htm> (15.05.18)
6. **King, A.** (24.04.16) Why Electric Cars Ruled The Road 100 Years Ago. Kättesaadav: <https://jalopnik.com/why-electric-cars-ruled-the-roads-100-years-ago-1771719651> (15.05.18)
7. **Matulka, R.** (15.09.14). The History of the Electric Car. Kättesaadav: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> (15.05.18)
8. History of the Toyota Prius - THE OFFICIAL BLOG OF TOYOTA GB. (10.02.15) kättesaadav: <http://blog.toyota.co.uk/history-toyota-prius> (15.05.18)
9. The Toyota Prius Story – Toyota Europe. Kättesaadav: <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/articles-news-events/the-prius-story> (15.05.18)
10. **Risthein, E.** (2007) Sissejuhatus energiatehnikasse - Tallinna Tehnikaülikooli elektriainite ja jõuelektroonika instituut, 2007. Tallinn Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/5/5f/Energiatehnika_Risthein_E..pdf (15.05.18)
11. **Schreiber, B. A, Gregersen, E.** (2017). Tesla Motors. Kättesaadav: <https://www.britannica.com/topic/Tesla-Motors> (15.05.18)

12. **Boylan, C.** (27.05.16) A Brief History Of Tesla Cars In One Simple Infographic. Kättesaadav: <https://cleantechnica.com/2016/05/27/brief-history-tesla-cars-one-simple-infographic/> (15.05.18)
13. Global EV Outlook 2017 Two million and counting – International Energy Agency. Juuni 2017. Prantsusmaa. Kättesaadav: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf> (15.05.18)
14. **Sarv, H.** (15.07.14) Elektriauto toetus ühte auku. Kättesaadav: <https://www.aripaev.ee/uudised/2014/07/15/elektriauto-toetus-uh-te-auku> (15.05.18)
15. **Pau, A.** (8.04.16) Eesti esimesed saastekvoodi-elektriautod on siiani rõõmsalt töös. Kättesaadav: <https://tehnika.postimees.ee/3648253/eesti-esimesed-saastekvoodi-elektriautod-on-siiani-roomsalt-toos> (15.05.18)
16. Elektriautode ostutoetus osutus populaarseks, taotluste vastuvõtt lõpeb alates 07.08 – KredEx (06.08.14) Kättesaadav: <http://kredex.ee/kredexist/uudised/elektriautode-ostutoetus-osutus-populaarseks-taotluste-vastuvott-loppeb-homsest/> (15.05.18)
17. ELEKTRIAUTODE KIIRLAADIMISPUNKTIDE ASUKOHAD – ELMO (16.02.12) Kättesaadav: <http://elmo.ee/elektriautode-kiirlaadimispunktide-asukohad/> (15.05.18)
18. Sõidukite statistika – Maanteeamet. Kättesaadav: <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika> (15.05.18)
19. KIIRLAADIMISTARISTU – ELMO (2016) Kättesaadav: <http://elmo.ee/laadimispunktide-vorgustik/> (15.05.18)
20. **Lõugas, H.** (28.11.17) Eestis oli maailma esimene üleriigiline laadimisvõrk, miks see nüüd hädasti uuendamist vajab? Kättesaadav: <https://auto.geenius.ee/uudis/eestis-oli-maailma-esimene-uleriigiline-laadimisvork-miks-see-nuud-hadasti-uuendamist-vajab/> (15.05.18)
21. **Lilly, C.** (23.08.17) CHARGING SPEEDS & CONNECTORS. Kättesaadav: <https://www.zap-map.com/charge-points/connectors-speeds/> (15.05.18)
22. **McDonald, Z. A.** (04.02.16) Simple Guide To DC Fast Charging. Kättesaadav: <https://www.fleetcarma.com/dc-fast-charging-guide/> (15.05.18)
23. **Herron, D.** (2017). Range Confidence: Charge Fast, Drive Far, with your Electric Car. Kättesaadav: <https://greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap8-tech/ac-fast-charging.html> (15.05.18)
24. **Herron, D.** (2017). Range Confidence: Charge Fast, Drive Far, with your Electric Car. Kättesaadav: <https://greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap8-tech/ev-dc-fast-charging-standards-chademo-ccs-sae-combo-tesla-supercharger-etc.html> (15.05.18)

25. Europe Sets Common Standard for Electric Vehicle Charging – Environment News Service (28.01.13) Kättesaadav: <http://ens-newswire.com/2013/01/28/europe-sets-common-standard-for-electric-vehicle-charging/> (15.05.18)
26. **Kane, M.** (13.07.16) CCS No Longer Required In UK Due To Brexit? InsideEVs Kättesaadav: <https://insideevs.com/ccs-no-longer-required-in-uk-due-to-brexite/> (15.05.18)
27. **Siblod, G.** (20.04.18). Esimesed uusi elektriautosid toetavad kiirlaadijad tulevad Tartusse. Kättesaadav: <https://auto.geenius.ee/uudis/esimesed-uusi-elektriautosid-toetavad-kiirlaadijad-tulevad-tartusse/> (15.05.18)
28. **Lõugas, H.** (15.12.17). Elektriautode propageerija: kortermajade juurde on vaja rohkem laadimiskohti, omavalitsused peavad appi tulema. Kättesaadav: <https://auto.geenius.ee/uudis/elektriautode-propageerija-kortermajade-juurde-vaja-rohkem-laadimiskohti-omavalitsused-peavad-appi-tulema/> (15.05.18)
29. LEAF ELECTRIFIES THE WORLD – Nissan Newsroom Europe (18.10.10) Kättesaadav: <https://newsroom.nissan-europe.com/eu/en-gb/media/documenttext/41193/leaf-electrifies-the-world> (15.05.18)
30. NISSAN LEAF – Elektriautod Kättesaadav: <http://elektriautod.ee/elektriautod/nissan-leaf/> (15.05.18)
31. Elektritakso toob linnatänavatele uue põlvkonna elektriautod – Nissan Eesti. (20.04.18). Kättesaadav: https://youplus.nissan.ee/EE/et/YouPlus/news/Elektritakso_toob_linnatänavatele_uue_polvkonna_elektriautod.html (15.05.18)
32. Tartu elektritaksod on läbinud 10 miljonit kilomeetrit – Autoleht (11.10.17) Kättesaadav: <https://www.autoleht.ee/uudised/uudised.php?uid=53530> (15.05.18)
33. Elektriautode kasutajate uuring – OÜ Faktum & Ariko (2013). Tallinn. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/1/1b/Elektriautode_kasutamise_uuring_ELMO2013.pdf (15.05.18)
34. Kiirlaadijate kasutamise statistika – Eesti elektromobiilsus programm. Kättesaadav: <http://elmo.ee/statistika-3/> (15.05.18)
35. **Dreger, J.** Elektriautod on muutumas tavapäraseks. (26.10.16) Kättesaadav: <https://digitark.ee/elektriautod-on-muutumas-tavaks/> (15.05.18)
36. **Pilver, G.** (2018). Kas Tartusse saab? – Digi. Nr 156, lk 40–42.
37. Leaf Spy Pro – Google Play (28.03.18) Kättesaadav: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Turbo3.Leaf_Spy_Pro&hl=et (15.05.18)

38. Leaf Spy Pro – Electric Vehicle Wiki. Kättesaadav:
http://www.electricvehiclewiki.com/Leaf_Spy_Pro (15.05.18)
39. **Saunders, M.** (19.01.18) – Nissan Leaf 2018 review. Kättesaadav:
<https://www.autocar.co.uk/car-review/nissan/leaf/first-drives/nissan-leaf-2018-review>
 (15.05.18)
40. **Lima, P.** (25.01.18). 2018 Nissan Leaf gets official EPA ratings. – Pushevs Kättesaadav:
<https://pushevs.com/2018/01/25/2018-nissan-leaf-gets-official-epa-ratings/> (15.05.18)
41. Autopargi läbisõit 2017 – Maanteamet Kättesaadav:
https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/labisoit_2017.pdf (15.05.18)
42. **Genovese, A. Ortenzi, F. Villante, C.** (2015) On the energy efficiency of quick DC vehicle battery charging. University of L'Aquila, Itaalia. Kättesaadav:
http://www.evs28.org/event_file/event_file/1/pfile/EVS28_CHARGE_DRAFT.pdf
 (15.05.18)
43. Elektri ja sooja tootmine – Eesti Energia Kättesaadav:
<https://www.energia.ee/tehnoloogia/elektri-ja-sooja-tootmine> (15.05.18)
44. Elektri tarbimine ja tootmine – Elering Kättesaadav <https://elering.ee/elektri-tarbimine-ja-tootmine> (15.05.18)
45. **Luts, P** (01.03.18). Elektri tootmine kasvas Eestis mullu kaheksa protsenti. ERR.ee
 Kättesaadav: <https://www.err.ee/686728/elektri-tootmine-kasvas-eestis-mullu-kaheksa-protsenti> (15.05.18)
46. Elektrienergia bilanss, aasta. (01.09.17.) Eesti Statistika Kättesaadav:
<https://www.stat.ee/34170> (15.05.16)
47. **Whitmore, A.** (24.05.16) How fast could the market for electric vehicles grow? - On Climate Change Policy Kättesaadav:
<https://onclimatechangepolicydotorg.wordpress.com/2016/05/24/how-fast-could-the-market-for-electric-vehicles-grow/> (15.05.18)
48. **Ani, E. Tammist, R. Lokk, A.**(2016) Taastuvenergia aastaraamat 2016. Tallinn. Eesti Taastuvenergia Koda. 44 lk Kättesaadav: http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK_aastaraamat_2016_A4_5mmBleed_31.05.2017-1.pdf
 (15.05.18)

IMPACT OF ELECTRIC CARS ON ESTONIA'S ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION

Summary

After their invention, the number of electric cars exceeded the number of cars with petrol engines and they were in heavy competition with cars using vapour pressure at the start of the 20th century. Over time, internal combustion engines took over the sales market, thanks to lower price and better driving range. Electric cars regained human interest when the desire to reduce air pollution and the outbreak of oil crisis led to a significant rise in the price of oil. At the start of the 21st century, hybrid cars became the pioneers of electric cars which used electric engine and internal combustion engine at the same time, which reduced the amount of fuel consumption and CO₂ emissions in the exhaust gases by half. The introduction of the Lithium-ion batteries in electric cars allowed to increase its driving radius, thereby creating a more widespread distribution of electric cars. In 2016, there were more than 2 million electric cars in world traffic.

The increase in the share of renewable energy in transport in Estonia was provided by a programme called ELMO, where the Ministry of Social Affairs started using 507 Mitsubishi IMiev electric cars. A support scheme was developed by the Ministry of Economic Affairs and Communication for the purchase of electric cars, aid amounted up to 18 000 EUR. The programme set up a network of fast-charging points in Estonia, the first country in the world, who had been able to cover the entire country evenly by fast-charging points. 168 fast-chargers were installed in Estonia, which mostly supported the CHAdeMO fast-charging connection. After the chargers had been installed in Estonia, European Commission chose CCS chargers as common standards in Europe, therefore, Estonia would need to update the charging system. By the end of 2018, there will be five new fast-chargers installed that support the new CCS connection in Tartu.

By the end of 2017, there were 1190 electric cars registered in Estonia, which was only 0,164% of all registered cars in Estonia. In the last five years, the electric car that was most frequently registered electric was Nissan Leaf with 375 new vehicles. In 2017, fast-chargers were used for about 132 000 times and consumed a total of 1462 MWh of electricity.

The author used Nissan Leaf as an example car for calculations, due to the fact that it was the most popular electric car in Estonia. The results of the measurements found in earlier studies were used to calculate average electricity consumption of cars in Estonia. The result 17.8 kWh/100 km was found as the average consumption for the measurements done in Estonia and measurements found out by the United States Environmental Protection Agency. Based on the analysis of the Road Administration (*Maanteeamet*) which was based on traffic censuses and traffic data records, 9968 million kilometres were found to be covered by passenger cars in one year. As a consequence, it was found that per one passenger car 12 861 kilometres per year were covered. On the basis of a study carried out in the past, the author chose 85% to be the charging efficiency of chargers.

As a result of the calculations, the author considered that the annual amount of electricity consumed by one electric car is 2693 kWh. In Estonia, the number of 1190 electric cars consume a total electricity of 3205 MWh per year. If the percentage of electric cars were to be 7%-22% out of all cars they would consume between 146 and 459 GWh of electricity. 100% of electric cars out of all cars would consume 2,088 TWh of electricity.

In 2017, 11.2 TWh of electricity was produced in Estonia, 8% more than in 2016. Compared to previous year, electricity balance in 2017 increased by 26%, and achieved the level of 2.7 TWh. In 2017, 2.3 TWh electrical energy was imported and 5 TWh electrical energy was exported. In 2016, 1412 GWh of renewable electrical energy was produced in Estonia.

As a result of the analysis, it was found that if the share of electric cars out of all cars would be 22%, the electrical energy balance in Estonia would be retained as positive. Consequently, it can be argued that if the overall electricity consumption follows the same trend, the amount of electricity consumed by electric cars would not cause problems with electrical energy level in Estonia. Electricity from renewable sources in Estonia would cover 65% of electricity consumed by electric cars.

When carrying out further studies, data of electric cars' electricity consumption in the households should be collected and analysed. When integrating the data found with the electricity measurements consumed by fast-chargers, it would be possible to produce a more accurate picture of consumption and its forecasting. In the future, the spread of new electric cars and the speed of taking up new electric cars should be evaluated. In addition to electricity consumption, the resilience of the current electricity grid to a greater load and the impact of electric cars on the electricity system service should be evaluated.

LISAD

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

_____,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)